

수문자료 부족 지역의 저수량 변화 모의

노재경
충남대학교 농공학과

Simulation for Analyzing Reservoir Storage in a Region with Insufficient Hydrological Data

Jae Kyoung Noh
Department of Agricultural Engineering, Chungnam National University
(correspondence : jknoh@cnu.ac.kr)

1. 서언

저수지 계획에서 수문자료는 가장 기본이 되며, 직접 설계에 영향을 미친다. 노 등(1997)은 일 기상자료를 이용한 '댐규모 의사결정지원시스템'을 개발하였다. 그러나 수문자료가 부족할 때는 많은 어려움을 겪게 된다. 어느 곳은 일자료는 없고 월자료만 있는 곳도 있다. 또한 저수지 수면증발량은 계기증발량 값으로부터 추정하고 있는데, 1990년 이후 증발량을 측정하는 관측소의 수를 대폭 줄였으며 현재 전국 22개소에서만 증발량을 관측하고 있다.

자료가 충분한 지역의 자료를 사용하여 자료가 부족한 지역의 자료와 질을 같게 하여 분석할 필요가 있다. 예컨대 북한지역의 수문자료는 월자료만 있고 남한지역의 수문자료는 시간, 일, 월자료 등 다양한 형태가 다 갖춰져 있는 경우이다. 이 때 분석은 월 단위로 하며, 남한지역의 시간, 일자료의 정보를 월자료로 연결해 주는 작업을 해야한다. 즉, 월자료만의 정보로부터 시간, 일자료가 갖고 있는 정보를 유추할 수 있도록 하는 것이다.

이 연구에서는 자료가 부족한 지역에서 수자원을 계획하는데 사용할 수 있도록 월 단위로 저수지 모의 모형을 구축하였다. 저수량 변화 모의에는 유입량, 저수면 증발량 요소를 고려해야 한다. 유입량 추정에는 월 단위의 槲山공식을 일반화하여 사용하였으며, 저수면 증발은 온도자료를 사용하여 추정하였다. 구축된 모형을 자료가 충분한 지역에 적용하여 모형을 검증하였으며, 부족한 지역에도 적용하여 실용성을 확인하였다.

2. 모형의 구축

2.1 모형의 구성

저수량 모의에서 저수지 표고별 저수면적-저수량 자료, 유입량, 저수면 증발량, 만수위-저수위 설정, 용수공급량 등은 고려해야 할 주요 사항이다. 수문자료가 부족하기 때문에 월 단위로 모형을 구성하였으며, 저수지 유입량 모의에는 가지야마 공식을 일반화하여 사용하였고, 저수면 증발량은 월별로 평균온도의 함수로 하여 추정하였다. 퇴사량을 분포시키고, 저수지 유입량을 계산하고, 생활, 공업, 하천유지용수, 그리고 기상조건에 따른 농업용수 등 각종 용수를 공급할 때 저수량 변화를 볼 수 있도록 모형을 구성하였다.

$$S(i+1) = S(i) + Qi(i) - Ew(i) - Dw(i) \quad (1)$$

여기서, S는 저수량, Qi는 유입량, Ew는 저수면 증발량, Dw는 각종 용수공급량 합계이며, 괄호 속의 i는 월을 나타내는 시간 첨자이다.

가지야마 공식에서 단순하게 F값을 년 강우량과, 유역면적만의 함수로 관계시켜 황금분할법 (Golden Search Method)을 사용하여 일반화하였다. 사용 유출 자료는 전체 18개 지점의 자료년수 3~24년이고, 총 227개년이었으며, 연평균 강우량은 926.1~1,543.8mm, 연평균 유출량은 395.6~858.6mm, 유출률은 42.7~68.0%를 나타내었다.

$$F = 52.144 \cdot P^{-0.530} A^{-0.023}, r = 0.247, n = 18 \text{ (전체년인 경우)} \quad (2)$$

$$F = 53.038 \cdot P^{-0.499} A^{-0.066}, r = 0.349, n = 227 \text{ (연도별인 경우)} \quad (3)$$

여기서, P는 연강우량(mm), A는 유역면적(km²)이다. 전체년인 경우는 r = 0.247이고, 연도별인 경우 r = 0.349로서 연도별인 경우가 유의성이 있었다. 상관계수의 유의수준은 자유도(n-2) 16인 경우 1%에서 0.5897, 5%에서 0.4683이고, 100이상인 경우 1%에서 0.2540, 5%에서 0.1946이다.

증발에 영향을 주는 인자는 바람, 습도, 온도, 일조량, 강우 등 여러 가지가 있으나, 여기서는 단순하게 온도 하나만 연관시키는 것으로 하였다. 증발량 측정 지점은 대관령, 수원, 춘천, 서산, 서울, 광주, 청주, 대전, 군산, 추풍령, 대구, 전주, 목포, 울산, 여수 등 총 15개 지점이며, 기간은 대관령 지점만 1972-1980년이고, 나머지 지점은 1971-1980년으로 총 149개년이다. Fig. 1은 월 증발량과 평균온도의 관계를 표현하고 회귀식을 구한 것이다. 또한, 그림내의 표에서 a, b는 다음 식 (4)의 계수, R은 회귀식의 상관계수이다.

$$\text{월 증발량(mm)} = a + b \times \text{월 평균온도(}^{\circ}\text{C)} \quad (4)$$

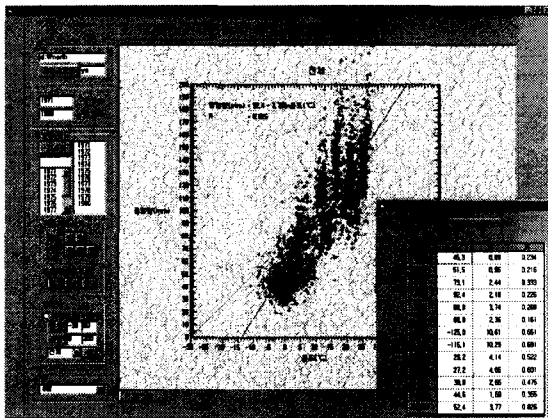


Fig. 1. The relationship between monthly pan evaporation and monthly mean temperature

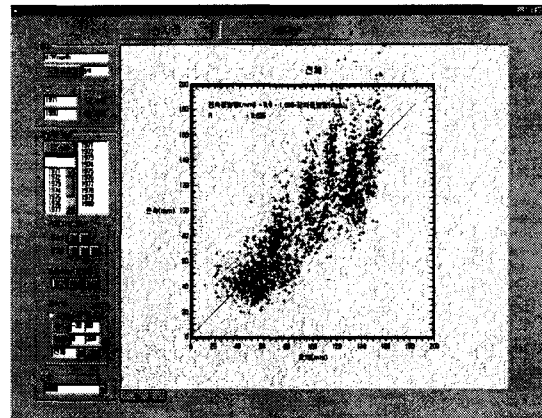


Fig. 2. Equal value line on monthly pan evaporations

전체 자료수는 월별은 149개, 전체는 149개 곱하기 12하면 1,788개이다. 상관계수로부터 유의성을 판단하면 자유도 100이상에서 1%는 0.2540, 5% 0.1946이므로, 1% 수준에서는 1, 2, 4, 6월을 제외한 모든 월, 전체에서, 5% 수준에서는 6월을 제외한 모든 월, 전체에서 유의성이 있었다.

농업용수 공급은 유효우량을 고려하여 생육시기별로 필요한 담수심을 충족시켜주는 것으로 하였고, 생활·공업용수 공급량은 일평균 공급량에 월별변동계수를 곱하여 계산하고, 하천유지유량은 유출심으로 입력하는 것으로 하였다.

만수위는 월 유입량을 모의하여 연평균 유입량의 75%를 저류시켰을 때의 수위로 하였고, 저수

위는 식(5)의 새마을 공식(1978)에 의해 100년간 퇴사량을 저류시켰을 때의 수위로 하였다.

$$Q_s = 255.4 \times A^{0.1816} \times C^{0.5774} \quad (5)$$

여기서, Q_s 는 비퇴사량($m^3/km^2/yr$), A 는 유역면적(km^2), C 는 만수위시 저수용량($만m^3$)이다.

2.2 모형의 검정

수문자료 및 저수지 운영자료를 충분히 갖고 있는 1965년에 준공한 용수전용댐인 유역면적 $124.5km^2$ 의 사연댐에 적용하여 이 연구에서 제시한 공식 및 모형의 검정을 하였다. 사연댐은 만수위 EL.60.0m, 사수위 EL.45.0m, 저수량 2500만 m^3 , 유효저수량 2000만 m^3 , 용수공급량 110,000 $m^3/일$ 이다. 상류에 농업용 저수지인 미호저수지가 1996년에 준공하였기 때문에 댐 운영자료는 1981년부터 1995년까지 이용하는 것으로 하였다.

이 연구에서 제시한 식(2), 식(3)의 가지야마 일반화 공식과 함께 $f = 1.0$ 일 때 가지야마 공식에 의해 추정된 사연댐의 유입량을 댐 운영자료의 유입량과 비교하였으며, Nash-Sutcliffe의 모형효율로 검정하였다. 결과는 Fig. 3과 같으며, Nash-Sutcliffe 모형효율은 식(2)의 전체년 f 값을 적용한 경우 0.778, 식(3)의 연도별 f 값을 적용한 경우 0.775, $f=1.0$ 을 적용한 경우 0.772로 나타났다. 그림에서 굵은 선은 관측값, 가는 선은 모의값을 나타낸 것이다. 세 가지 경우가 모두 비슷하게 나타나 여기서 제시한 식(2), 식(3)의 일반화 공식은 우리나라의 수문기상조건에서 월 유출량을 추정하는데 적용할 수 있을 것으로 판단하였다.

1966년부터 1990년까지 25년간 기상청 울산 관측지점의 증발량 자료에 식(4)의 월 증발량 추정 공식을 적용하여 공식의 적합성을 검정하였다.

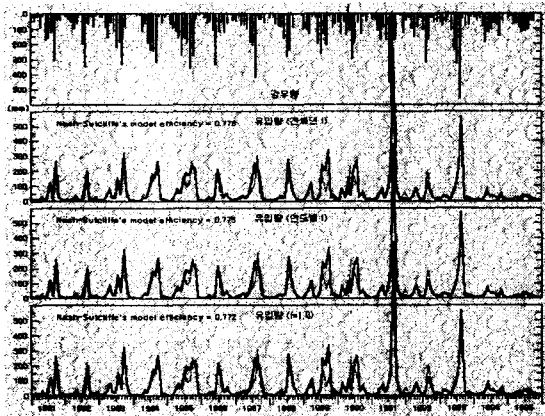


Fig. 3. Verification of generalized Gajiyama's equation

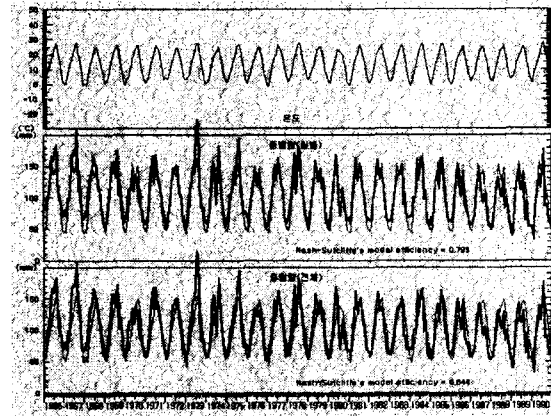


Fig. 4. Verification of monthly evaporation equation

25년간 평균하여 관측값과 계산값을 비교하였으며, 1월, 2월, 11월, 12월은 월별 공식에 의한 값이 작게 추정되었고, 나머지 달은 월별 공식에 의한 값이 관측값과 가깝게 추정되었다. 또한, Nash-Sutcliffe의 모형효율에 의해 월 증발량 추정공식의 적합성을 검정하였으며, 결과는 Fig. 4과 같다. Fig. 4에서 위 그림은 월평균 온도, 가운데 그림은 월별 추정공식에 의한 비교, 아랫 그림은 전체 추정공식에 의한 비교를 나타낸 것이며, 굵은 선은 관측값, 가는 선은 모의값이다.

개발한 댐규모 결정 모형의 적합성을 검정하기 위해 기존댐인 사연댐에 적용하였다. 댐의 규모

가 이미 결정되어 있기 때문에 용수공급능력을 평가하는 것으로 모형의 적합성을 검증하였다.

이 연구에서 개발한 저수량 변화 모의 모형으로 사연댐의 용수공급능력을 분석한 결과 생공용수의 공급능력은 118,000m³/일로 나타났으며, 이는 기본계획보고서(한국수자원공사, 1996)에서 제시한 110,000m³/일의 값과 비슷하였다. 따라서, 개발된 모형을 사용하여 부족한 수문자료를 가지고 댐 규모를 결정하여도 정밀한 자료로 분석한 결과와 크게 차이가 나지 않는 것으로 나타나 타당성 조사 정도에서는 활용성이 있다고 판단하였다. 특히 수문자료가 부족하여 대안이 없는 경우에는 보다 효율적일 것으로 생각한다.

3. 모형의 적용 및 결론

Fig. 5는 수문자료가 부족한 저수지 적지를 선정하여 표고별 저수면적, 저수량 자료와 월 강우량, 월평균 온도를 입력하여 모의한 결과의 예이다. 유역면적은 954.6km²이며, 만수위 EL.135.0m, 저수위 EL.103.0m, 총저수량 230.73백만m³, 사수량 30.10백만m³, 유효저수량 208.63백만m³인 규모로 결정되었으며, 이로부터 분석한 용수공급능력은 일평균하여 생활용수 26.0만m³, 공업용수 26.0만m³, 하천유지용수 19.1만m³, 계 71.1만m³인 것으로 모의되었다.

따라서, 개발된 모형을 사용하여 수문자료가 부족한 어떤 저수지 적지에서도 저수량 모의결과로부터 쉽고 빠르게 그 규모를 결정할 수 있을 것이다. 특히 북한지역과 같이 접근하기도 어려운 지역에서는 여기서 개발한 모형을 효율적으로 적용할 수 있을 것이다.

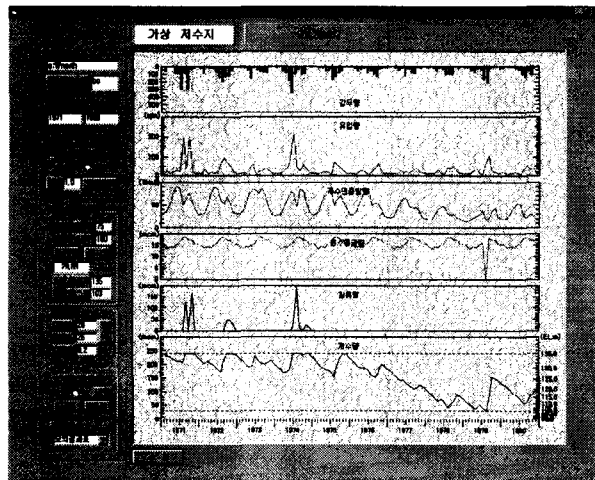


Fig. 5. A example of simulating reservoir storage by the developed model

인용문헌

건설부, 1978: 새마을 수문조사사업.

한국수자원공사, 1996: 울산권 광역상수도 사업 타당성조사 및 기본계획보고서.

노재경, 김성준, 정성영, 1997: 댐규모 결정을 위한 의사결정지원시스템 개발, 한국수자원공사.