

금강 하구호 지점의 월 유출량 추정

Monthly River-Flow Evaluation of the Kungang Estuary Barrage

이 재형* , 김 양일** , 황 만하**** , 정 재성***

1. 서언

1991년 현재 대청댐 및 금강 하구둑을 포함한 금강 수역권의 총 용수 수요는 31.84억 m^3 인데 이중 20.14억 m^3 을 댐에서, 12.72억 m^3 을 하천·지하수로 공급하고 있어 잉여 수자원이 1.02억톤 밖에 안된다. 가용 수자원이 한정되어 있는 상황에서 용수 이용의 효율을 높이기 위해서는 댐 상, 하류의 광역 상수도 및 유역의 용수 공급, 기준 갈수량 증대등 여러 요구를 충족 할수 있는 광역 개념의 저수지 운영 방안의 연구가 요구된다. 여러 요구를 충족시킬 수 있도록 광역적으로 저수지를 운영하기 위해서는 먼저 수계의 수자원 부존량에 대한 조사를 체계화하여 유황을 파악할 필요가 있다.

본 연구는 금강 하구호 지점의 월별 유출량 시계열을 추정하고 분석하는데 있다. 월별 유출용적 시계열을 얻는 방법에는 수위자료로 부터 변환하는 방법, 강수 및 증발 자료를 변환하는 방법 등 몇가지가 있다. 현재 금강하구호내에는 몇 군데의 수위 관측소가 있으나 이곳 감조 구간의 수위-유량관계곡선을 이용한 유출량 산정에는 어려움이 있다. 또한 하구호 내에서 제일 가깝고 비교적 관측자료가 풍부한 규암수위표 지점 역시 감조 여부가 불투명하다. 뿐만 아니라 수위자료에는 각종 용수이용과 상류의 대청댐 용수 공급에 따른 인위적인 유량 변화요인이 내포되어 있기 때문에 이를 해석하는 일이 매우 어렵다. 따라서 본 연구에서는 강수 및 증발 자료를 변환하는 방법을 이용하여 유출용적을 추정하며, 변환에 필요한 관련 수문 분석을 실시한다.

이로부터 하구호의 지점의 월유출량은 유역 분할에 따라 각 소유역의 월별 유부출량을 산정한 다음 최종 유출구인 하구호에서 이를 합산하여 얻도록 한다. 각 소유역의 월별 유출량 산정은 월 단위의 강수량 및 잠재증발산량을 입력으로 하고 분석 지점의 유출량을 출력으로 하는 월 유출모형을 채택하여 실시한다. 아울러 잔여 유역내 감조 구간인 규암-하구호 구간의 월 유출량은 각 소유역의 유출 특성을 도출하여 이를 바탕으로 추정한다.

* 이재형 : 전북대학교 공과대학 토목공학과 교수 ; ** 김양일 : 한국 수자원공사 수자원연구소 소장 ; *** 황만하 : 전북대학교 공과대학 강사 ; **** 정재성 : 한국 수자원 공사 수자원 연구소 연구원

2. 유역 현황 및 수문개요

2.1 유역 개황

유역면적이 9,828km², 수원에서 하구언까지의 유로길이가 401km인 금강유역은(그림2-1 참조) 크게 대청댐 상류와 대청댐하류로 분할할 수 있고, 대청댐하류는 지류의 합류점에 설치된 수위관측소들(미호천유역의 석화, 갑천유역의 회덕, 대청댐하류의 본류에서 공주까지의 유역을 담당하는 공주, 공주에서 규암까지의 유역을 담당하는 규암, 규암에서 하구언까지의 유역을 담당하는 하구언관측소)을 중심으로 유역을 분할하면 표 2-1 과 같다.

표 2-1 수위표지점의 유역분할면적 (단위 : km²)

대청댐	석화	회덕	대청-공주	공주-규암	규암-하구언
4,134.0	1,590.4	560.0	1,246.8	730.0	1,051.8

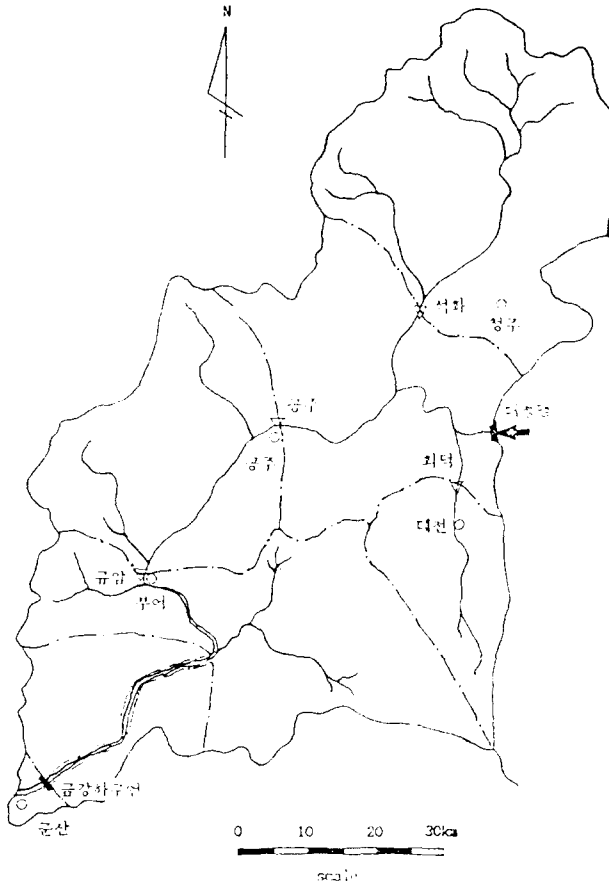


그림 2-1 금강 하구호 유역도

2.2 기상 및 수문 개요

금강 유역내 기상 및 수문관측소는 모두 108개소가 설치되어 운영되고 있는 바, 이들 지점의 관측자료를 수집·검토한 결과, 대청댐 유역을 제외한 금강 하구언 유역에서의 강우량 자료는 15개소의 건설부 일우량과 7개소의 기상청 일우량자료를 이용할 수 있으며, 기온 및 증발 등의 기상자료는 청주, 대전, 군산, 부여의 4개소 관측소에 대한 자료를 사용할 수 있다. 수위 관측지점으로는 수위자료와 수위-유량곡선을 보유한 규암, 공주, 석화, 부강, 회덕 등이다.

2.3 유수 점용 현황

금강 유역내 주요 취수장은 본류에 홍삼종합공장(취수량 $0.034\text{m}^3/\text{sec}$), 부여 조폐창(취수량 $0.081\text{m}^3/\text{sec}$), 동성집수암거(취수량 $0.00578\text{m}^3/\text{sec}$) 등 13개소의 취수장이 있고, 미호천유역에는 풍년제지(취수량 $0.167\text{m}^3/\text{sec}$), 쌍용제지(취수량 $0.097\text{m}^3/\text{sec}$) 등 4개소의 취수장이 있으며, 갑천유역에는 삼천취수장(취수량 $0.1157\text{m}^3/\text{sec}$), 논산천유역에는 성평취수장(취수량 $0.0289\text{ m}^3/\text{sec}$)이 있다.

200ha이상의 관개면적을 갖는 금강유역내 주요 양수장은 17개소로 본류에 반조원(취수량 $1.182\text{m}^3/\text{sec}$), 자왕(취수량 $1.216\text{m}^3/\text{sec}$), 왕진(취수량 $1.53\text{ m}^3/\text{sec}$) 등 11개소이고, 미호천유역에 석화(취수량 $0.404\text{m}^3/\text{sec}$)와 강경천유역에 강경1(취수량 $1.07\text{m}^3/\text{sec}$), 금천유역에 송학(취수량 $0.596\text{m}^3/\text{sec}$), 길산천유역에 신포(취수량 $0.5\text{m}^3/\text{sec}$), 길산(취수량 $0.490\text{m}^3/\text{sec}$), 장상(취수량 $0.5\text{m}^3/\text{sec}$) 양수장이 있다.

3. 수문 분석

3.1 기상 및 수문자료분석

유역내의 강우량 분포는 유출 수문곡선을 결정하는 매우 중요한 인자이다. 유역 평균우량을 산정하기 위해 본 연구에서는 Thiessen법을 이용하였다. 강우-유출해석에서 유역의 잠재증발산은 관측된 자유수면 증발량 또는 계산된 잠재 증발량으로부터 구하는데 Pan 증발량과 Thornthwaite방법에 의해 계산된 잠재 증발량의 관계를 비례하는 것으로 단순화하여 추정하였다. 이를 위해 대상유역내 대전, 청주, 부여, 군산측후소의 69년부터 90년까지 22년동안의 온도자료로부터 계산된 잠재증발량과 계기증발량의 관계를 분석하였다.

3.2 월 유하량 분석

유출 대상 지점에 대하여 기존에 조사된 수위-유량 관계곡선식을 이용하여 유하량 분석을 실시하였다. 대상 유출점은 대청댐 하류부의 회덕, 석화, 공주, 규암수위표를 선택하였으며 이들 각 지점의 일수위 기록으로부터 수위-유량 관계 곡선을 이용하여 일유량으로 환산하였다. 수위-유량 관계곡선의 선정은 해당년 기간에 작성된 곡선을 우선적으로 고려하였으며, 수위에 따른 유량의 결과를 각각 검토하여 최종 결정하였다. 결과를 검토하는 과정에서 기본적으로 타 곡선과 현저히 다른 형태로 유량이 계산되는 곡선은 제외하였으며, 곡선에 이용되는 수위의 한계를 검토하여 이용여부를 결정하였다. 이와 같은 기준에 의하여 수위-유량 관계곡선을 선정하여 1969년부터 1990년까지 22개년간 각 지점의 월 유하량을 산정하였다.

4. 하구호 유입량 분석

월별 유출량은 저수지 운영조작의 단위가 됨은 물론 대부분의 장기 유출량 연구의 대상이 되고 있다. 본 연구에서는 대청-하구 유역의 용수이용 실태를 반영한 금강 하구호 지점의 월별 유출량의 산정에 목적을 두고 있다. 월 유출량 산정을 위해서는 간단한 입력 자료와 모형의 구조를 단순화한 집중형 월유출모형을 선택하여 각 유출점에서의 유출량을 산정하였다. 이를 위해 1961년 Thomas가 제시한 월 유출모형인 abcd모형을 이용하였으며 그 내용을 약술하면 다음과 같다.

먼저 유역의 가용수량 W_i 는 다음과 같이 정의한다.

$$W_i = P_i + S_{i-1} \dots\dots\dots (1)$$

여기서 P_i 는 강우량이며, S_i 는 토양습윤 저류량이다. 그 다음, 상태변수로 Y_i 를 i 기간 동안의 실제 증발량 E_i 와 i 기간 말에서의 토양 습윤 저류를 나타내는 S_i 의 합으로 나타낸다. 즉,

$$Y_i = E_i + S_i \dots\dots\dots (2)$$

이며, Y_i 는 다음식과 같이 가용수량 W_i 의 비선형 함수로 주어진다.

$$Y_i(W_i) = (W_i + b)/2a - \{[(W_i + b)/2a]^2 - W_i b/a\}^{0.5} \dots\dots\dots (3)$$

이 식에서 $Y_i \leq W_i$ 이며 $Y'=1.0$, $Y'(\infty)= 0.0$ 이고 Y_i 의 상한치는 b 이다. Y_i 를 실제 증발산과 i 월 말의 토양습윤 저류로 분배하기 위해서, 증발에 의한 토양 습윤 저류의 손실을

다음과 같이 토양습윤 저류량에 비례한다고 가정한다.

$$\frac{ds}{dt} = - \frac{PE}{b} S \dots\dots\dots (4)$$

여기서 PE는 잠재 증발산(Potential Evapotranspiration)이다. 따라서 월초에서의 토양습윤 저류는 다음식으로 나타내어 진다.

$$S_i = Y_i e^{(-PE_i/b)} \dots\dots\dots (5)$$

가용수량 W_i 와 Y_i 의 차이는 직접 유출 DR_i 와 지하수 보충량인 GR_i 의 합으로 표시되며, 이들의 분리는 매개변수 c 로 할당된다. 즉,

$$GR_i = c (W_i - Y_i) \dots\dots\dots (6)$$

$$DR_i = (1-c) (W_i - Y_i) \dots\dots\dots (7)$$

지하수 유출량은 dG_i 로 표시되며, 여기서 d 는 모형의 매개변수이고 G_i 는 i 기간에서의 지하수 저류량이며 물수지 관계로 부터 다음과 같이 계산된다.

$$G_i = [c(W_i - Y_i) + G_{i-1}] / (1+d) \dots\dots\dots (8)$$

따라서 이 모형은 a, b, c, d 인 4개의 변수를 가지게 되며 각 변수는 어느정도 물리적인 의미를 가지고 있다. 즉 $a(0 < a \leq 1)$ 은 토양이 완전히 포화되기 전에 일어나는 유출정도이며 $W_i < b$ 에서는 1.0보다 작게된다. 변수 b 는 증발산과 토양습윤 저류와의 합의 상한치이며, c 는 지하수로 부터 유출정도를 나타내고, d 는 지하수의 지체 정도를 의미한다.

결론적으로 $abcd$ 모형에서 입력자료는 강우량 및 잠재증발산량이다. 수위-유량관계곡선 식으로부터 분석된 회덕, 석화, 공주, 규암지점의 유출량과 각 해당구역의 평균 강우량 및 잠재 증발산량을 이용하여 $abcd$ 유출모형을 적용함으로써 계산된 각 구역의 매개 변수로 나머지 규암-하구구역의 유출량을 산정하였다.

위 절차에 따라 하구호 유입량을 산정하기 위해서는 각 소유역의 자연유출량을 산정하여야 한다. 이를 위해 과거의 용수 이용실적 으로부터 각 구역의 용수 이용량을 산정한 다음 이들 용수의 소모량을 평가하여 이를 산정된 하천 유출량에 합산함으로써 해당 구역의 유출량으로하였다.

5. 결 론

본 연구는 금강 하구호 지점의 월 유출량을 평가함에 있어 유역분할에 따른 소유역별 유역평균 강우량과 잠재증발량을 산정하고, 유출지점의 수위-유량 곡선과 그에 따른 유량을 고려하여 유출량을 산정하는 방법을 제시하였다. 미계측 유역인 규암-하구유역의 유출량 대해서는 각 소유역의 월유출특성을 반영하여 산정하도록하였다.

금강 하구호 유입지점에서 대청댐 용수와 대청댐 하류부 유역의 유출량과의 구성비를 계산한 결과, 대청댐 건설전의 대청유역의 유출량은 년평균 최저 24.1% 에서 최고 43.2%이었으나, 대청댐 건설후에는 최저 37.4 %에서 최고 52.7%로 다소 증가함을 알 수 있었다. 특히 홍수기인 7-8월에는 39%에서 32%로 감소하였으며 홍수기를 제외한 9월-6월에서는 최고 13%가 증가하는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. 금강유역 제 1차 종합개발계획(세부계획), 건설부, 1971
2. 옥서지구 농업종합 개발기본 계획, TAHAL-용역단, 1975. 7
3. 금강하천정비 기본계획 및 부록, 건설부, 1979
4. 금강유역 조사 보고서, 건설부, 1979
5. 수위관측소 영점표고조사 보고서 및 부록, 건설부, 1982
6. 금강I지구 - 하구연 수문조사 보고서, 농어촌 진흥공사, 1983. 3
7. 금강 하상변동 조사 보고서, 건설부, 1983-1985
8. 장기 수자원 계획을 위한 유역 물수지 추정 방법 개발(년유출량 추정방법 개발), 한국 건설 기술 연구원, 1989. 12
9. 수문데이터 베이스(F/D), 한국수자원공사, 1990. 6
10. 대청다목적댐 관리연보, 수공, 1981-1991
11. 이진원등, "우리나라 주요하천의 유황분석", 제34회 수공학발표회 논문집, 1992. 7
12. N.H.W. Donker, "WTRBLN: A computer program to calculate waterbalance", Computers & Geoscience Vol. 13, No.2, pp.95-122, 1987
13. JULIO C. CALVO, "An evaluation of Thornwaite's water balance technique in prediction stream runoff in Costa Rica", Hydrological Sciences, 31, 1, 3, 1986
14. William, M. Alley, " On the treatment of evapotranspiration, soil moisture accounting, and aquifer recharge in monthly water balance models", Water Resources research, Vol 20, No.8, pp. 1137-1149, 1984. 8