

금강 하구호의 물수지에 관한 연구

A Study on the Water Balance of the Kumgang Estuary Barrage

황 만 하 *

Hwang, Man Ha

Abstract

The major objective of this study is to evaluate the water balance of the Kumgang estuary barrage, one of the regions with the most complex water utilization system. For the purpose of present study, two approaches are proposed which consider both the natural flow and low flow conditions, respectively. In order to make the evaluation of the low flow sequences, the flood frequency of the sequences was removed. According to the results, water deficiency is expected on the target year of 1996 in case of low inflow.

요 지

본 연구의 목적은 수자원 이송체계가 복잡한 금강 하구호의 물수지를 분석하는 것이다. 이를 위해 본 연구에서는 금강하구호의 유입량 규모를 자연유황과 저수유황을 고려하는 두 가지 평가방법을 제시하여 가뭄 상황에 대해서도 대처할 수 있도록 하였다. 저수유황은 관측수문곡선의 홍수파를 제거하여 추정하였으며, 계산 결과, 저수유황의 경우 목표년도 1996년부터 물 부족이 예상되었다.

Keywords : estuary barrage, water balance, low flow, flood frequency, water deficiency

* 한국수자원공사 수자원연구소 선임연구원

1. 서론

현재 대청댐 및 금강 하구둑을 포함한 금강 수역권의 총 용수 수요는 31.84억 m^3 으로 이중 20.14억 m^3 을 댐에서, 12.72억 m^3 을 하천 지하수로 공급하고 있어 잉여 수자원은 1.02억 m^3 정도이다. 유역의 가용 수자원이 한정되어 있는 상황에서 용수 이용의 효율을 높이기 위해서는 댐 상, 하류의 광역 상수도 및 유역의 용수 공급, 기준 갈수량 증대 등 여러 요구를 충족할 수 있는 광역 개념의 저수지 운영이 필요하다. 이를 위해서는 먼저 수계의 수자원 부존량에 대한 분석을 실시하여 현황을 파악할 필요가 있다.

본 연구는 수자원 이용이 복잡한 금강유역의 하류부에 있는 금강하구호의 물수지 를 분석하는 것이다. 물수지와 관련된 기존의 연구로는 한국수자원공사와 건설부, 농어촌진흥공사 등에서 수행한 바 있다. 한국수자원공사(1988)의 물수지 분석 목적은 금강유역권의 용수 수요 급증 등 여건 변화에 따라 건설부(1979)의 성과를 바탕으로 용수공급 방안의 수립과 수력개발, 주운, 홍수조절, 저수지 운영방안, 댐 개발계획 등을 조사한 것으로 이는 대청댐유역을 중심으로 분석한 것이다. 한편 농어촌진흥공사(1983, 1989)에서 실시한 일련의 연구에서는 1975년 실시된 옥서지구 농업용수 종합개발 계획의 물수지 분석 보완 및 2001년대 29,400 ha의 농지에 대한 용수공급 가능성 및 기존 상수도 계획에서 제외된 지역과 2001년의 생·공용수 추가 소요량인 약 330,000 m^3/day 에 대한 공급가능성을 분석한 것으로 이는 금강하구호 유역을 위주로 검토한 것이다.

본 연구에서는 금강 상류의 대청댐과 하류에 설치되어 있는 금강하구호의 단독 및 동시 운영시의 용수공급 방안으로 대청호와 하구호의 물공급체계를 파악하고, 하구호 지점에서의 물수지 분석을 실시하였다. 이를 위하여 분석지점은 금강하구호 지점으로 하였으며, 물수지 분석은 하구호의 유입량을 크기별로 적용하여 이를 목표년도에 하구호에 유입하는 것으로 보아 공급량을 비교검토하였다. 이와 함께 하구호의 물 부족에 대한 대청호의 공급과정을 파악하여 대청호 방류량에 따른 하구호 유입량을 산정하였다.

2. 분석 조건

본 연구에서 설정한 금강 하구호의 유입량은 대청호 공급용수 회귀량이 포함된 하구호 유입지점의 유출량이고, 공급량은 하구호의 농업 및 생·공용수 공급량과

어도 및 통선문의 기능유지 용수, 하구호내의 수면증발 및 침투 등으로 인한 손실량이며, 하구호 유입량이 하구호 저류 용적을 초과하게 될 때 무효 방류량이 발생한다. 공급량이 저류량 및 유입량의 합을 초과하면 물 부족이 발생되며, 이는 대청호가 공급하여야 할 추가 공급량이다. 따라서 물수지 분석은 먼저 하구호 유역의 유출량을 입력으로 하여 하구호내 용수 부족상황을 분석한다. 하구호에서 용수부족이 발생할 경우 대청호의 공급용수가 하구호로 유입되는 과정을 분석하여 이를 하구호의 유입량에 기여하는 것으로 한다. 대청호의 공급용수는 대청호에서 공급하는 용수 중 용수 이용에 따른 각종 손실량을 제외한 회귀수량으로, 대청호에서 직접 공급하는 대청광역 용수 및 대전지역으로 공급하는 생·공용수와 대청호 방류량인 발전 방류량 및 여수로 방류량 등이 있다. 발전 방류량에는 금강광역 및 대덕용수, 한국수자원공사의 하류부 계약공급량 등이 포함되어 있다. 이러한 대상유역의 물수지 분석을 위해서는 유역 상황에 맞는 기본 전제를 설정할 필요가 있다. 본 연구에서의 물수지 분석은 첫째, 분석기간동안 하구호 유역의 자연 유황으로부터 하구호 유입 규모를 설정하여 실시하는 경우와 둘째, 저수 유황에 따른 하구호 유입량으로 부터 실시하는 경우로 나누어 실시한다. 이를 위한 기본 전제로는 다음과 같이 설정하였다. ① 하구호의 월유입량은 1969년부터 1990년간의 22년간의 유량자료로 부터 유입규모를 계산한 다음 이를 순별로 분배하며 장래 분류 및 지류의 용수이용에 따른 손실량을 통제하여 계산한다. ② 하구호는 사수위 -3.0 m에서 만수위 EL+2.0 m사이의 유효저수량 122.5×10⁶ m^3 을 이용하며 관리수위는 5월 중순부터 6월 하순까지 +2.0 m로 기타기간은 +1.0 m로 한다(농어촌진흥공사, 1990). ③ 하구호내 손실량으로 삼투량 5 mm/day 및 수면증발량은 군산 측후소의 평균 증발량의 0.68배로 한다. ④ 생·공용수 및 농업용수는 월별 변화율을 고려한다. ⑤ 대청호에서 공급하는 대청광역 및 대전, 대덕용수, 하류부 생·공용수 및 농업용수 공급계획은 목표년도의 필요량을 전량 공급하는 것으로 하며 이들의 회귀수는 하구호 유입용수에 기여하도록 하였다. ⑥ 하구호의 용수공급계획은 농어촌진흥공사의 공급계획을 이용하며 금강에서 공급하는 것으로 되어 있는 농업 및 생·공용수는 전량 공급하도록 하였다.

3. 하구호 유입량의 산정

하구호와 같이 소규모 저수지에 대해서는 대부분의

단주기 유출성분은 이용할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 자연유입량 평가뿐만 아니라 확률구조가 다른 洪水와 低水를 분리하여 하구호 저수지 운영에 적절한 저수 유입량을 도출하였다.

3.1 자연 유형시의 유입량

하구호의 물수지 분석을 위해서는 먼저 하구호 유입지점의 유입규모를 설정할 필요가 있다. 이를 위해 먼저 대상 유출점은 동일기간 동안 관측자료가 있는 회덕, 석화, 공주, 규암수위표를 선택하였다. 각 지점의 월 유출량은 일수위 기록으로부터 수위-유량 관계곡선(건설부, 1979, 1989a)을 이용하여 일유량으로 환산하여 1969년부터 1990년까지 산정하였다. 또한 대청-하구호 유역의 용수이용 실태를 반영한 금강 하구호 지점의 월별 유출량은 간단한 입력 자료와 모형의 구조를 단순화한 집중형 월유출모형인 abcd 모형(Thomas, 1981; William, 1985)을 이용하여 산정하였다. abcd 모형에서 입력자료는 강우량 및 잠재증발산량이다. 수위-유량 관계곡선식으로부터 분석된 회덕, 석화, 공주, 규암지점의 유출량과 각 수위표지점 유역의 강우량 및 잠재 증발산량을 이용하여 abcd 유출모형을 적용하였으며, 미세측 유역인 규암-하구호 사이의 유출량은 계산된 각 유역의 매개 변수를 이용하여 산정하였다(이재형 등, 1994). 분석에서 유역 평균강우량은 Thiessen법을 이용하였으며, 유역의 잠재증발산은 점시증발량과 Thornthwaite 방법에 의해 계산된 잠재 증발량의 관계를 분석하여 추정하였다. 대상유역내 대전, 청주, 부여, 군산축후소의 '69년부터 '90년까지 22년동안의 온도자료(한국수자원공사, 1990)로부터 계산된 잠재증발량과 계기증발량의 관계를 분석한 결과는 표 1과 같다.

위 절차에 따라 하구호 유입량을 산정하기 위해서는 각 소유역의 자연유출량을 산정하여야 한다. 이를 위해 과거의 용수 이용실적(한국수자원공사, 1990)으로부터 각 유역의 용수 이용량을 산정한 다음 이들 용수의 모량을 평가하여 이를 산정된 하천 유출량에 합산함으로써 해당 유역의 유출량으로 하였다.

표 1. 계기 증발량(X)과 잠재 증발산량(Y) 관계

지 점	관 계 식
청 주	$Y = 1.10910 X - 31.8860$
부 여	$Y = 1.15815 X - 37.4959$
군 산	$Y = 1.22295 X - 51.9818$
대 전	$Y = 1.07174 X - 30.8141$

선정된 석화, 회덕, 공주, 규암, 하구지점의 유출량에는 하구호 유역에 대한 공간 특성이 결여되어 있다. 보다 신뢰성 있는 하구호 유입량을 얻기 위해서는 수문 자료의 공간 특성을 반영하여 보정할 필요가 있다. 또한 단기간의 자료로서 장기간의 수문자료를 대표할 수 없기 때문에 이러한 문제 해결을 위해 단기간의 수문시계열을 통계학적으로 모형화하여 장기간의 수문시계열을 모의 발생시킴으로써 합리화를 꾀하였다. 이를 위해 본 연구에서는 유출지점인 회덕, 석화, 공주, 규암 및 하구호 유입지점의 22년간 월유출량을 이용하여 다지점 월유출량 발생 모형을 이용하였다. 기본적으로 다지점 월유출량의 발생은 단일지점 발생 과정과 같다. 오직 차이는 다지점의 경우에 각 지점에서 월 평균과 분산 및 자기 상관 구조 뿐만 아니라 상호 상관구조가 설정되어야 한다는 것이다. 월 다지점 자기 회귀모형(monthly multivariate autoregressive Markov generator model)의 일반적인 과정은 다음과 같다.

$$X_{ij} = A_j X_{i-1j} + B_j V_{ij} \quad (i \text{는 년}, j=1, 2, \dots, 12 \text{월}) \quad (1)$$

여기서 X_{ij} 는 i 년 j 달의 유출량인 X'_{ij} 과 평균 Mx'_j 에 대한 편차로서 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$X_{ij} = X'_{ij} - Mx'_j \quad (2)$$

$$X'_{ij} = \begin{pmatrix} X'_{ij}^{(1)} \\ \vdots \\ X'_{ij}^{(3)} \\ \vdots \\ X'_{ij}^{(N)} \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$Mx'_j = \begin{pmatrix} Mx'_j^{(1)} \\ \vdots \\ Mx'_j^{(3)} \\ \vdots \\ Mx'_j^{(N)} \end{pmatrix} \quad (4)$$

상기 식에서 n 은 지점수이며, $j=1$ 일 경우에 $(j-1)$ 은 전년 12월에 해당한다. 식 (1)에서 행렬 A_j 와 B_j 는 모형의 변수이며 각 j 월에 따라 다르며 X_{ij} 는 i 년의 j 달에 대해 평균이 뺀 무작위 성분이다.

표 2. 유입규모별 월유출량

(단위: m³/sec)

월	규모	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
1		28.73	32.95	37.79	43.34	49.71	57.00	65.38	74.98	86.00
2		35.04	39.93	45.52	51.88	59.14	67.40	76.82	87.56	99.80
3		39.69	44.51	49.92	55.98	62.78	70.41	78.97	88.56	99.32
4		55.27	62.00	69.55	78.02	87.53	98.19	110.15	123.57	138.63
5		47.21	53.05	59.61	66.98	75.27	84.58	95.05	106.81	120.03
6		27.18	35.33	45.92	59.68	77.57	100.82	131.04	170.32	221.36
7		191.94	213.68	237.88	264.82	294.81	328.20	365.37	406.75	452.82
8		181.11	199.90	220.65	243.55	268.82	296.73	327.52	361.51	399.03
9		92.74	107.53	124.66	144.54	167.58	194.29	225.25	261.16	302.79
10		51.99	58.38	65.55	73.60	82.65	92.80	104.20	117.00	131.38
11		48.56	53.04	57.93	63.28	69.12	75.49	82.46	90.07	98.38
12		39.27	42.47	45.93	49.66	53.70	58.08	62.80	67.91	73.44

제시된 다지점 월유출량 발생모형의 수행에 필요한 A, B 행렬은 기산정된 지점의 유출량을 이용하여 계산하였다. 이로부터 하구호 유입량은 식 (1)의 월유출 발생모형을 이용하여 500년 동안의 모의 발생시켜 산정하였으며, 이때 필요한 월유출량의 분포는 대수정규분포를 이용하였다(한국수자원공사, 1992). 하구호의 유입량 규모는 발생된 각 월 유출량에서 최대 유출량과 최소 유출량과의 차이를 구하여 이를 최대 유출량에 대한 각 백분율로 환산하여 산정하였으며 이를 표 2에 나타냈다.

3.2 저수 유형시의 유입량

하구호의 홍수 저류능력은 미약하다(농어촌진흥공사, 1983). 이는 호수로 인해 지속성이 없는 홍수 유출량은 하구호에 저류되지 못함을 의미한다. 따라서 하구호 용수계획에는 하구호유역의 유출량중 홍수 유출을 배제한 지속적인 유출성분만이 유효하며 이는 유출 수문곡선으로부터 홍수성분을 분리하여 도출할 수 있다. 이러한 홍수성분은 수치 필터(日野와 長谷, 1985)에 의해서 소거할 수 있으며, 이를 수식으로 나타내면 식 (5)와 같다. 식 (5)에서 y_t 는 관측 유량이고 u_t 는 저수유량만 통과시키는 응답 함수이며 $y_t^{(1)}$ 은 홍수가 제거된 유량으로서 다음과 같다.

$$y^{(1)}(t) = y(t) = a \sum w(n)y(t-n\Delta t) \quad (5)$$

$$w(n) = \frac{c_0 \text{Exp}(-c_1 n/2) \sinh(\sqrt{(c_1^2/4 - c_0 n})}{\sqrt{(c_1^2/4 - c_0)}} \quad (6a)$$

$$n \geq 0, (n=0, 1, 2, 3, \dots) \quad (6a)$$

$$w(n) = 0 \quad n \leq 0 \quad (6b)$$

여기서 $c_0 = (\delta/T_c)^2$, $c_1 = \delta^2/T_c$ 이며 δ 는 2.0-2.5 사이값을 갖는 상수이다. T_c 는 분리시정수로서 유출수문곡선의 감수부 기울기의 역수이다. 계수 a 는 저수 유출량과 홍수 유출량과의 차이 $y^{(2)}(t)$ 가 다음 식을 만족하도록 설정한다.

$$y^{(2)}(t) = y(t) - y^{(1)}(t) \geq 0 \quad (7)$$

분석 대상지점으로는 관측기록이 비교적 풍부하고 감조영향이 없는 공주지점을 선택하였다. 금강 홍수에정보 프로그램 개발 보고서(건설부, 1989a)에서 제시한 감수부 유출곡선으로부터 공주지점의 분리시정수 T_c 를 산정하면 5.4일이며 이에 대한 δ 는 2.01이다(日野와 長谷, 1985). 이로부터 홍수를 제거한 공주지점의 유량은 수위-유량곡선에 의한 일 유출량으로부터 1954년부터 대청댐 건설 이전인 1980년까지 산정하였다.

하구호 유입지점의 저수 유입량은 홍수를 제거한 공주지점의 유량으로부터 빈도분석을 실시하여 이로부터 유역면적비에 의해 산정하였다. 순별 이하의 단위에서는 유량시계열의 자기 상관성이 강하여 빈도해석에 어려움이 있기 때문에 본 연구에서는 월별 자료를 이용하여 빈도분석을 실시하였다. 월별유량의 적정 분포형을 찾기 위하여 각종 분포형 (2변수 대수정규분포, 3변수 대수정규분포, Type-I 극치분포, Type-III 극치분포, Pearson Type-III 분포, Log-Pearson Type III 분포 등)을 검토한 결과, 최적 분포형은 각 월 모두 2변수 대수정규 분포형으로 나타났다. 따라서 공주 지점의 각 월별 재현기간에 따른 월 유량은 2변수 대수정규 분포형으로부터 산정하였다. 또한 지속기간에 따른 가뭄

표 3. 하구호의 재현기간별 저수유량

(단위: m³/sec)

월	재 현 기 간 (년)					
	2	10	20	50	100	200
1 월	15.3	7.3	5.8	4.6	3.9	3.4
2 월	17.3	7.8	6.3	4.9	4.1	3.5
3 월	25.4	12.6	10.3	8.3	7.1	6.2
4 월	32.0	16.8	14.0	11.3	9.9	8.7
5 월	25.2	10.4	8.0	6.1	5.0	4.3
6 월	21.5	7.3	5.4	3.8	3.0	2.4
7 월	101.2	55.2	46.5	38.3	33.6	29.9
8 월	74.1	38.0	31.4	25.4	22.1	19.4
9 월	65.5	29.7	23.8	18.5	15.6	13.4
10 월	30.9	18.6	16.1	13.7	12.3	11.1
11 월	19.3	9.1	7.4	5.8	4.9	4.3
12 월	18.6	9.1	7.4	5.9	5.1	4.4

표 4. 하구호의 지속기간별 저수유량

(단위: m³/sec)

지속기간	재 현 기 간 (년)					
	2	10	20	50	100	200
1 개 월	9.358	3.822	2.965	2.229	1.842	1.547
2 개 월	10.976	4.690	3.686	2.810	2.345	1.987
3 개 월	14.142	6.574	5.292	4.145	3.521	3.033
4 개 월	15.793	7.855	6.444	5.158	4.445	3.879
5 개 월	17.466	9.170	7.639	6.220	5.423	4.783
6 개 월	18.563	9.974	8.364	6.860	6.010	5.326

규모를 설정하기 위하여 월유량으로부터 지속기간에 따른 년 최저치 표본으로부터 적정 분포형을 검토한 결과, 2변수 대수정규분포형으로 나타났으며 이로부터 1개월-6개월의 지속기간을 갖는 가뭄 규모를 2변수 대수정규분포를 이용 재현기간별로 산정하였다. 산정된 하구호 유입지점의 각 재현기간 및 지속기간별 저수유량은 표 3과 4에 나타내었다.

4. 하구호의 물수지 분석

물수지 분석에 필요한 하구호 유역내 목표년도별 용수이용량은 대청호와 하구호 사이의 지류 및 본류부 생·공용수와 농업용수(건설부, 1990; 한국수자원공사, 1981~1996)로 구분하였으며 이를 정리한 결과는 표

5와 같다. 하구호의 용수공급량은 하구호의 설계시 확정된 수문분석의 결과(농어촌진흥공사, 1983, 1989)에 의한 계획공급량을 이용하였다. 대청호의 하류부 계획공급량은 현재 한국 수자원 공사에서 제시하고 있는 년도별 용수공급량을 이용하였으며, 2001년도 이후에는 별도 제시된 계획량이 없으므로 시설용량으로 한하여 이용하였다. 이를 표 6에 나타냈다.

표 6에서 대청호의 하류부 용수공급 계획량중 금강광역을 통한 공급량은 대부분이 유역외(전주, 이리, 군산, 원주 등)로 공급되며 유역내의 공급은 18%이다. 따라서 유역내로의 회귀되는 양은 금강광역의 공급량중 18%에 해당하는 양에서 발생한다. 아울러 농업용수는 계약면적 1,496.74 ha에 대한 공급량이며, 기타 생·

표 5. 하구호유역의 목표년도별 용수 이용량

용 수	목 표 년 도 (년)			
	1996	2001	2006	2011
생공용수(10 ⁶ m ³ /년)	121.79	184.19	186.48	187.83
농업용수(10 ⁶ m ³ /년)	925.04	949.23	949.23	949.23

표 6. 대청호의 하류부 용수 공급량

년 도	생공용수 (10 ⁶ m ³ /년)					농업용수 (10 ⁶ m ³ /년)
	대청광역 대청광역 I II	대전용수	대덕용수	금강광역	기타	
1992	43	135	4	77	18	17
1993	58	161	5	86	18	17
1994	68	172	5	87	18	17
1995	77	190	6	95	18	17
1996	84	234	6	106	18	17
1997	89	256	7	110	18	17
1998	91	263	7	110	18	17
1999	91	274	7	110	18	17
2000	91	281	7	110	18	17
2001	91	290	7	110	18	17
시설용량 (10 ⁶ m ³ /일)	650	1,052	250	300		

공용수는 현재 대청호에서 발전 및 여수로를 통한 방류량중 하류부와 계약한 양으로 부터 산정한 양이다. 물수지 분석에서 목표년도는 1996년, 2001년, 2006년, 2011년으로 설정하였으며, 목표 년도별 용수량을 월별로 배분하기 위한 생·공용수의 월별 변화율은 한국수자원공사(1981~1996)의 대전 청주지역 생·공용수 공급실적자료를 분석한 결과를 이용하였다. 농업용수의 순별 변화율은 금강유역조사보고서(한국수자원공사, 1988)와 용담수원 적정개발방안조사(건설부, 1989b)에서 제시하고 있는 순별 변화율을 이용하였으며, 농업용수 및 생·공용수의 손실율은 유출량 추정시 사용된 값을 이용하였다.

4.1 자연 유행시의 물수지

전 항에서 제시된 계산결과에 따라 자연유행시의 하구호 유입량에 따른 목표년도별 물수지분석 결과는 표 7과 같다. 표에 나타난 바와 같이 하구호의 용수 부족시기는 2001년부터 발생하나 그 규모는 10% 유입규모 시 4.5 × 10⁶ m³으로 이는 대청용수의 회귀수량 7.6

× 10⁶ m³보다 적은양이다. 목표년도 2006년도에는 10% 유입규모시 부족량은 4.5 × 10⁶ m³으로 대청호 공급용수의 회귀수량 7.6 × 10⁶ m³보다 적게 나타났으며, 동일 규모의 유입시 2011년은 4.6 × 10⁶ m³이 부족하나 이 또한 회귀수량보다 적다. 따라서 이 부족시기에 하구호의 용수 공급계획을 충족시키기 위해서 대청호에서 발전 및 여수로 방류를 통한 추가 공급은 필요치 않다. 이러한 결과는 세부적인 계획이 확정되지 않은 옥구 도수로를 통한 추가 방류계획인 새만금지구 연결수로 계획(하구호내 옥구 도수로에서 15-20 cms를 취수하여 만경호로 송수)을 제외한 것이며 새만금호로의 용수 공급을 하는 경우에는 부족규모 또한 증대하게 된다.

4.2 저수 유행시의 물수지

대청호와 하구호사이의 저수 유출량으로부터 목표년도별 하구호의 물수지 분석은 먼저 각 정상월의 재현기간에 따라 실시한 후, 지속기간에 따른 가뭄 발생기간을 설정하여 실시하였으며 가뭄 발생기간은 유역의 용수사용량이 큰 기간에 발생하는 것으로 하였다. 물수지

표 7. 목표년도별 용수 부족시기 및 부족량

목표년도	유입규모	부족시기	부족량 (10 ⁶ m ³)	대청 공급수의 회귀량 (10 ⁶ m ³)
2001	10%	6월 하순	4.5	7.6
2006	10%	6월 하순	4.5	7.6
2011	10%	6월 하순	4.6	7.6

계산결과로서 하구호의 용수 이용계획을 충족시키기 위한 하구호 용수부족량을 계산한 다음 이로부터 부족기간 발생시 대청호 회귀수량을 제외한 용수량을 대청호에서 추가 공급량으로 하여 표 8과 9에 나타내었다. 아울러 금강하구호용적의 변화와 부족기간, 부족량, 대청호 공급수의 회귀수량을 파악하기 위하여 그림 1에 분석결과를 나타내었다.

상기계산에서 대청호의 용수공급으로 인한 하구호 유입지점의 회귀수가 하구호 유입지점의 하천유지용수를 충족시키지 못할 경우에는 이를 보장하도록 하였으며, 이를 위해 본 연구에서는 하구호 유입지점의 유지용수 11.13 cms 중 대청호 하류구역의 유출분인 6.19 cms를 제외한 4.94 cms($4.27 \times 10^6 m^3/순$)보다 대청호 회귀수량이 적을 경우에는 대청호에서 이를 보장하도록

하였다(한국수자원공사, 1992). 또한 계산에 필요한 하구호의 초기저류 수준은 관리수위 1.0 m에 해당하는 유효저수량 $87.8 \times 10^6 m^3$ 으로 설정하였다.

표 8에 나타난 바와 같이 각 재현기간별 하구호의 용수 부족은 목표년도 1996년부터 발생되며, 10년 빈도시 부족량의 범위는 하구호의 초기저류량이 $87.8 \times 10^6 m^3 \times 10^6 m^3$ 일 경우 연간 $147.7 \times 10^6 m^3$ 부터 $194.6 \times 10^6 m^3$ 까지이며 이때 대청호 공급용수의 회귀량은 $67.3 \times 10^6 m^3$ 에서 $86.7 \times 10^6 m^3$ 이다. 따라서 이 시기에 하구호의 용수 공급계획을 충족시키기 위해서는 대청호에서 발전 및 여수로 방류를 통해 $80.4 \times 10^6 m^3$ 부터 $107.9 \times 10^6 m^3$ 까지의 추가 공급이 필요하다.

또한 가뭄 지속기간 및 재현기간별 하구호의 용수부족은 지속기간이 1~6개월 모두 목표년도 1996년부터

표 8. 목표년도별 하구호 필요용수량

구 분	목표년도	재 현 기 간 (년)					
		2	10	20	50	100	200
하구호 용 수 부족량 ($10^6 m^3$)	1996	36.5	147.7	170.7	195.5	206.2	213.4
	2001	86.3	194.4	228.2	252.2	263.7	277.0
	2006	86.4	194.5	228.5	252.5	264.1	277.4
	2011	86.4	194.6	228.7	252.7	264.4	277.7
대청댐 공급수 회귀량 ($10^6 m^3$)	1996	20.0	67.3	74.0	74.0	80.7	80.7
	2001	31.7	86.7	86.7	94.6	101.4	122.0
	2006	31.7	86.7	86.7	94.6	108.2	122.0
	2011	31.7	86.7	86.7	94.6	108.2	122.0
대청댐 추가 공급량 ($10^6 m^3$)	1996	16.5	80.4	96.7	121.5	125.5	132.7
	2001	54.6	107.7	141.5	157.6	162.3	155.0
	2006	54.7	107.8	141.8	157.9	155.9	155.4
	2011	54.7	107.9	142.0	158.1	156.2	155.7

표 9. 목표년도별 하구호 필요용수량 (지속기간: 6개월)

구분	목표년도	재현기간(년)					
		2	10	20	50	100	200
하구호 용 수 부족량 ($10^6 m^3$)	1996	167.0	180.9	186.1	204.8	213.9	220.4
	2001	210.4	228.1	245.5	261.7	271.9	283.1
	2006	210.4	228.2	245.8	262.0	272.4	283.5
	2011	210.4	228.3	246.0	262.2	272.7	283.7
대청댐 공급수 회귀량 ($10^6 m^3$)	1996	67.3	74.0	74.0	80.7	80.7	80.7
	2001	86.7	86.7	94.6	94.6	101.4	122.0
	2006	86.7	86.7	94.6	94.6	108.2	122.0
	2011	86.7	86.7	94.6	94.6	108.2	122.0
대청댐 추가 공급량 ($10^6 m^3$)	1996	99.7	106.9	112.1	124.1	133.2	139.7
	2001	123.7	141.4	150.9	167.1	170.5	161.0
	2006	123.7	141.5	151.2	167.4	164.2	161.5
	2011	123.7	141.6	151.4	167.6	164.5	161.7

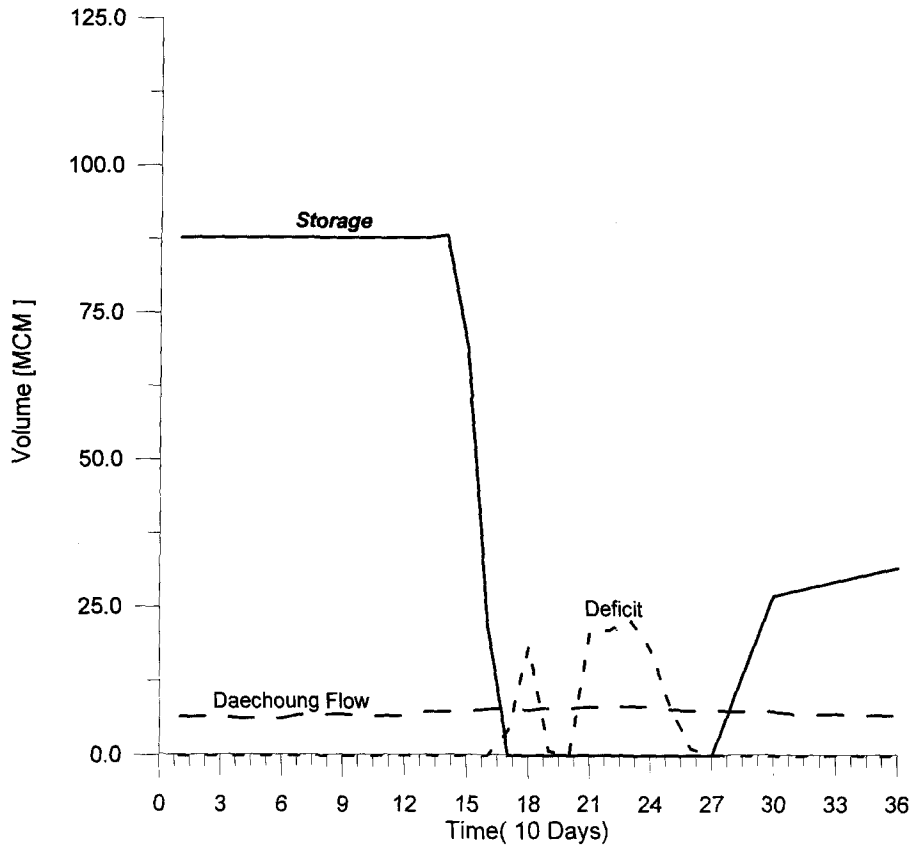


그림 1. 금강하구호의 저류량 변화와 용수부족량(목표년도 2001년, 재현기간 10년)

발생되며, 표 9에 나타난 바와 같이 10년 빈도-지속기간 6개월인 경우 연간 $180.9 \times 10^6 \text{ m}^3$ 부터 $228.2 \times 10^6 \text{ m}^3$ 까지이며, 이때 대청호 공급용수의 회귀수량은 $74.0 \times 10^6 \text{ m}^3$ 에서 $86.7 \times 10^6 \text{ m}^3$ 이다. 따라서 하구호에서의 용수공급량을 충족하기 위해서는 대청호에서 $106.9 \times 10^6 \text{ m}^3$ 부터 $141.6 \times 10^6 \text{ m}^3$ 의 용수 공급이 필요하다.

5. 결 론

본 연구에서는 금강유역의 대청호와 금강하구호의 수자원 이용증대를 충족시킬 수 있는 저수지 운영을 위해서 금강 하구호지점에서의 물수지 분석을 실시하였다. 이를 위해 27년간의 공주지점 관측 유출량으로부터 파악된 월유량의 지속성분을 이용하여 자연유황 및 低水 유황시 하구호 유입량을 결정하고, 2변수 대수 정규분포를 이용하여 빈도별, 빈도-지속기간별 유입량을 산정하였다. 이로부터 산정된 유입량을 하구호 용수이용 계

획에 적용하여 물수지를 계산하였다. 계산 결과, 자연유황에 따른 용수 부족시기는 목표년도인 2001년부터 발생하나 그 규모는 10% 유입규모시 최대 $4.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ 이며 이 시기의 대청호 공급수의 회귀수량은 $7.6 \times 10^6 \text{ m}^3$ 으로 물부족량 $4.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ 보다 크다. 한편, 低水유황에 따른 목표년도별 물수지분석 결과에서 하구호의 용수부족은 1996년부터 발생되었으며, 10년 빈도시 하구호의 용수 공급계획을 충족시키기 위해서는 6개월 가뭄지속시 대청호에서 최대 $141.6 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{year}$ 의 용수공급이 필요하다. 이들 결과는 새만금지구 등으로 용수공급을 고려하는 경우에는 하구호에서의 용수 부족량 및 기간이 더욱 증대하게 된다.

참 고 문 헌

- 건설부 (1979). 금강유역 조사 보고서.
- 건설부 (1989a). 금강 홍수예경보 프로그램 개발.
- 건설부 (1989b). 용담수원 적정개발방안 조사.

- 건설부 (1990). 수자원 장기 종합계획(1991-2001).
- 농어촌진흥공사 (1983). 금강지구 - 하구언 수문조사 보고서.
- 농어촌진흥공사 (1989). 대단위 농업 종합 개발 사업. 금강II 지구 사업 기본 계획서.
- 농어촌진흥공사 (1990). 금강지구 금강하구둑 관리요령.
- 이재형, 황만하, 김양일, 정재성 (1994). "금강하구둑의 월유입량 추정에 관한 연구." 한국수문학회지, 제27권, 제3호, pp. 83-93.
- 한국수자원공사 (1981-1996). 대청다목적댐 관리연보.
- 한국수자원공사 (1988, 1995). 금강유역 조사 보고서.
- 한국수자원공사 (1990). 수문 데이터 베이스(F/D).
- 한국수자원공사 (1992). 금강유역 대청댐 및 하구둑의 효율적 관리방안.
- 日野幹雄, 長谷部正彦 (1985). 水文流出解析. 林北出版株式會社.
- Thomas, H.A. (1981). *Improved methods for national water assessment*. Contr. WR15249270, U.S. Water Resources Council, U.S. Washington, D.C.
- William, M.A. (1985). "Water balance models in one-month-ahead streamflow forecasting." *Water Resources Research*, Vol. 21, No. 4, pp. 597-606.
- 〈최종본 도착일 : 1997년 6월 10일〉