

동화댐의 하천유지용수 산정

Estimation of River Environment Flow of Donghwa Dam

강승목*, 김선주**, 김필실***, 심재훈****

Seung Mook Kang, Sun Joo Kim, Phil Sik Kim, Jae Hoon Shim

요 지

최근 환경친화적인 도시 공간 마련 또는 생태공원 및 친수환경 조성에 대한 국민의 기대가 높아지는 등 자연환경 및 생활환경 개선을 위한 용수의 도입 필요성이 제기되고 있다. 또한 물이 부족한 우리나라에 있어 기존 수리시설물에 저장된 용수를 최대한 활용하는 것은 부족한 수자원의 효율적인 사용으로 매우 중요한 사항이다.

본 연구는 하천유지용수의 개념을 정립하고 비교적 수량이 풍부한 대상지구의 여유수량을 산정하였다. 또한 계획공급량 이외의 추가공급 가능량을 하천유지용수로 판단하여 대상지구에 활용하고 가치를 판단하는 등 용수이용률 제고에 관하여 연구하였다. 동화지구는 수변공원조성사업을 계획하고 있으므로, 앞으로 수변공원조성사업의 각 시설물에 공급할 동화댐의 추가공급 가능량은 모두 하천유지용수라 할 수 있으며, 댐에서 하천유지용수가 차지하는 비중은 더 커질 것이다. 따라서, 향후 연구에서는 하천유지용수 개념의 정립과 소규모 댐에서 하천유지용수를 산정할 수 있는 구체적인 기준의 정립이 이루어져야 한다.

핵심용어 : 하천유지용수, 물수지 분석

1. 서론

국내의 댐 중 관개용수와 기타용수를 관리하기 위하여 운영되는 관개용 댐은 약 1,100여개소로 대부분이 소규모 댐으로 이루어져 있다. 유역 강수의 80%정도를 저장하여 물의 이용효율이 높은 대규모 댐과 달리 홍수 조절 능력이 적은 관개용 댐의 경우에는 저류정도가 약 30%로써 대규모 댐에 비해 상대적으로 물의 이용효율이 낮다. 그러나 이렇게 낮은 용수 이용효율에도 불구하고 관개용 댐은 농업발달과 인구 증가 같은 사회적 변화와 환경에 대한 국민의식 수준의 변화로 인하여 관개뿐만 아니라 생활·공업용수나 하천유지용수, 환경용수와 같은 다목적용수를 공급하고 있다. 특히, 건전한 하천환경조성에 대한 국민의 높은 기대와 농촌 정주인구의 생활 향상, 농촌관광사업 등으로 용수수요가 꾸준히 증가하는 추세이며, 이에 따라 환경용수의 확보가 요구되며 필요하다. 본 연구에서 이용률 제고를 위한 연구 대상지구는 우리나라의 대표적 관개용 댐인 동화댐으로 하였다. 물수지 분석을 통한 환경용수량을 산정하고 저수용량의 활용을 최대화하기 위하여 농업용수, 생활·공업용수, 하천유지용수의 이용률을 높여 댐의 용수공급능력을 판단하여 댐의 환경용수 가용성을 검토하였다. 산정된 환경용수량은 대상지구의 생태공원 및 친수환경의 조성이 필요한 관광지역에 배분하여 용수배분 가능성을 판단하였다.

* 정회원 · 건국대학교 생명환경과학대학 사회환경시스템공학과 박사과정 · E-mail : mk3894@konkuk.ac.kr

** 정회원 · 건국대학교 생명환경과학대학 사회환경시스템공학과 교수 · E-mail : sunjoo@konkuk.ac.kr

*** 정회원 · 건국대학교 생명환경과학대학 사회환경시스템공학과 연구교수 · E-mail : kimps@konkuk.ac.kr

**** 정회원 · 건국대학교 생명환경과학대학 사회환경시스템공학과 박사과정 · E-mail : jaegis@konkuk.ac.kr

2. 재료 및 방법

2.1 대상지구



그림 1. 동화댐의 위치와 댐유역

동화댐은 준형 흙댐으로 댐의 높이가 최고 70.55m, 총저수량 3,235ha·m의 댐으로 농업용수저류공급, 홍수조절, 생활용수 공급등을 위한 다목적 댐이다. 홍수조절 목적으로 125.6만톤의 홍수조절 수량을 두고 홍수기에는 댐의 만수위를 EL 321.6m로 비홍수기의 만수위 EL 322.6m보다 1.0m 낮추어 125.6만톤의 홍수조절량을 가지고 있다. 여수도 물넘이에는 폭 5.5m, 높이 6.5m의 Radial Gate 4련이 설치되어있다.

3. 하천유지용수 산정

3.1 장기 물수지 분석

물수지 분석을 위한 물수지 요소는 크게 유출량, 관개용수량, 기타용수량이며, 기타용수량은 생활·공업용수와 하천유지용수이다.

3.1.1 관개지구 필요수량 산정

논벼의 경우 증발산량과 침투량을 합하고 논에서 이용되는 유효우량을 감하여 필요수량을 구하고 여기에 시설관리손실을 반영하여 관개용수량을 산정한다. 침투량은 토양의 종류, 지하수위 등에 의해 영향을 받으며 증발산량은 작물의 종류 및 당일의 기상여건에 의해 변화하고 유효우량은 강우량의 대소와 담수심의 깊이에 영향을 받게 된다. 따라서 필요수량은 일반적으로 당일의 기상상태에 따라 잠재증발산량을 추정하고 작물계수를 통해 이를 보정하여 실제증발산량을 산출하며 토양조건에 따른 침투량 및 유효우량을 고려하여 산정하게 된다. 여기에 생육기별 물관리 방식을 고려하여 논에서의 필요수량을 결정한다.

본 연구에서는 한국농어촌공사에서 논을 위한 필요수량 산정을 위해 개발하고 현재 관개지구의 설계 및 물관리에 이용하고 있는 수리시설물 모의조작시스템(HOMWRS, Hydrological Operation Model for Water Resources System)을 이용하여 관개용수량을 산정하였다. 이 모형에 적용하는 각종 요소는 다음과 같이 적용하고 있으며, 대부분의 기본 값(Default)은 설계기준을 준용하고 있다.

3.1.2 유효우량

유효우량은 논에 내린 강우가 관개기간 중 논에 남아 이용되는 수량으로 강우량, 강우강도, 지세, 흙의 투수성, 비가 내리기 전 토양의 함수량 등에 따라 달라진다. 논에서는 담수재배를 원칙으로 하기 때문에 최대 담수심을 결정짓는 논의 물꼬높이, 생육시기별 물관리 방법 등이 가장 주된 변수가 된다. 일반적으로 유효우량은 논에서의 일별 담수심 변화를 고려하여 결정하며, 일별 담수심의 변화는 단일 필지에서의 물수지식을 이용하여 산정한다. HOMWRS에서는 60mm 담수심법에 의해 유효우량을 산정하고 있다.

3.1.3 기타용수량 산정

일반적으로 기존 댐의 용수공급능력을 분석하기 위해서는 연구 대상 댐의 운영 기록을 토대로 유입량과 용수공급실적 등의 방류량을 토대로 분석하나, 동화댐은 1997년에 준공된 관개용 댐으로 충분한 댐의 운영

자료가 없다.

본 연구에서는 댐의 용수공급능력을 확인하고, 계획공급량 이외에 추가적으로 공급할 수 있는 여유수량을 산정하기 위하여 물수지 분석을 통해 동화댐의 최소 확보 저수위를 산정하였다. 물수지 분석자료는 ‘성주 및 동화댐 수문분석 기초자료 보고서(한국농촌공사, 2002)’의 결과, 1967년부터 2001년까지 총 35개년의 동화댐 수문분석 기초자료를 이용하였다. 여기서 검토된 필요저수량의 수량을 확보하기 위해 저수지 수위에 필요저수량 부분을 합하여 각 월에 용수공급을 위한 저수위를 구하였으며, 이를 동화댐의 월별 최소 확보 저수위로 하였다.

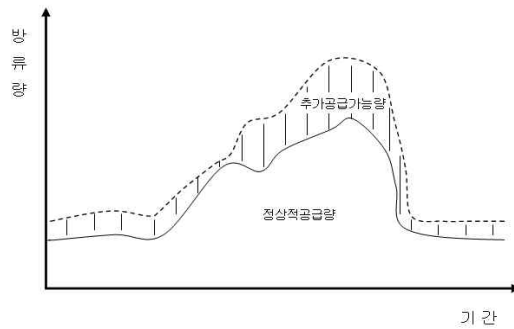


그림 2. 추가공급 가능량 개념도

표 1. 월별 물수지 분석에 사용된 자료 비교

구분	분석 1	분석 2	분석 3	비고
자료기간	1967~2001	1998~2001	2002~2005	
하천유지용수	포함 안됨	포함 안됨	포함	

표 2. 압거 유형별 매개변수

분류	유입부 형상	Chno	Nomoscale	Form	K	M	c	Y
횡단배수관	Square edge w/headwall	1	1	1	0.0098	2.0	0.0398	0.67
	Groove end w/headwall	1	2	1	0.0078	2.0	0.0292	0.74
	Groove end projecting	1	3	1	0.0045	2.0	0.0317	0.69
수로압거	30° to 75° wingwall flares	8	1	1	0.26	1.0	0.0385	0.81
	90° to 15° wingwall flares	8	2	1	0.061	0.75	0.0400	0.80
	0° wingwall flares	8	3	1	0.061	0.75	0.0423	0.82

동화댐의 용도는 관개용수 공급이 주목적이며, 홍수조절 및 협약에 따라 생활·공업용수를 공급할 수 있으므로 추가공급 가능량은 관개에 지장이 없는 범위 내에서 정하였다. 용수를 공급하기 위한 월별 저수위는 비관개기간 중 수위가 계획만수위(EL 322.6 m) 및 관개기간(홍수기간) 중 하기 제한수위(EL 321.6 m)를 초과하지 않는 수위를 한계기준으로 하여, 이 이상의 여유수량은 추가공급 가능량에서 제외하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1 용수 이용률 제고를 위한 하천유지용수 산정

본 연구에서는 물수지 분석을 통해 산정한 동화댐의 월별 최소 확보 저수위와 실제 저수지 운영수위와 비교하였다. 이를 통하여 댐의 용수공급능력을 분석하고 추가적인 공급 가능량을 산정하였으며, 이를 하천유지용수량이라 판단하였다.

4.1.1 댐의 월별 최소 확보 저수위

그림 3. 동화댐의 년 강우량과 년 유출량

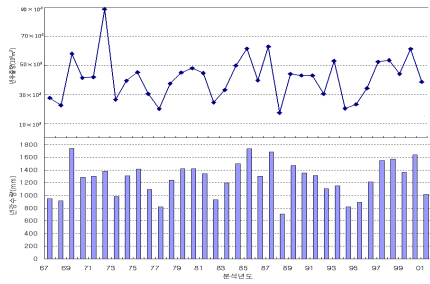


표 3. 동화댐의 유출량 산정 결과

년 도		1998	1999	2000	2001
강우량(mm)		1,573	1,365	1,636	1,019
유출량 (10 ³ m ³)	실측	62,425	52,998	73,738	35,410
	모의	59,943	48,301	66,866	35,166
	상대오차	0.067			

동화댐 용수이용량 산정 결과를 각각의 용수이용별로 산정한 결과이다. 1998년부터 2001년까지의 용수이용량에는 동화댐 건설 계획당시의 하천유지용수 130 ha · m/년(3,561.6m³/일)을 제외시켜 산정하였으며, 2002년부터 하천유지용수를 포함시켜 동화지구의 용수이용량을 산정하였다.

표 3. 계획공급량 확보를 위한 월별 저수량 및 저수위

구 분	유입량(10 ³ m ³)	최 소 확 보			무효 방류량(10 ³ m ³)
		계획공급량(10 ³ m ³)	저수량(10 ³ m ³)	저수위(EL.m)	
1월	1,010.2	930.0	23,861.5	315.39	127.9
2월	1,212.9	847.7	23,897.5	315.43	176.8
3월	1,703.8	930.3	24,148.3	315.66	343.0
4월	2,871.5	1,152.6	24,592.0	316.07	686.1
5월	3,108.2	1,211.4	25,599.8	316.98	914.7
6월	5,801.9	8,932.9	19,863.3	311.47	1,277.9
7월	10,878.2	5,870.5	20,340.8	311.96	3,710.6
8월	9,735.8	7,531.8	20,149.3	311.77	3,614.0
9월	6,235.8	4,760.2	20,080.6	311.70	1,727.8
10월	2,367.6	930.0	22,390.1	313.92	520.6
11월	1,802.6	900.0	23,111.2	314.69	265.4
12월	990.6	930.0	23,612.1	315.16	99.5

4.2 용수 이용률 변화에 따른 용수공급 능력

물수지 분석을 통해 산정한 동화댐의 월별 최소 확보 저수위와 실제 저수지 운영수위를 비교하여, 추가공급 가능량이 발생하는 것을 확인하였다. 본 절에서는 댐의 여유수량의 활용을 최대화하기 위하여 생활 · 농업용수의 이용률을 높여 댐의 용수공급능력을 판단하였다.

표 4. 용수이용률 증가에 따른 추가공급 가능량 (단위 : 10³m³)

구 분	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
기존추가공급 가능량	27,325	17,428	38,798	4,005	7,515	45,599	25,581	20,516
이용률증가시 추가공급가능량	19,295	9,398	30,768	-4,025	-1,502	36,581	16,564	11,499
증감률(%)	- 30	- 50	- 20	-200	-120	- 20	- 40	-18

그림 4. 용수이용률 증가에 따른 동화댐의 월별 최소 확보 저수위 및 실제 저수지 운영수위

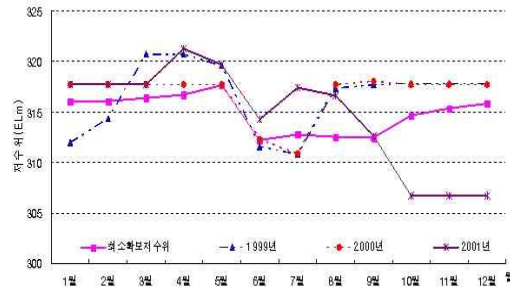


그림 4의 동화댐의 월별 최소 확보 저수위는 표 4에서 산정한 월별 최소 확보 저수량에 용수이용률이 높아진 만큼의 수량을 합하여 저수위를 다시 산정한 값이다. 여기서 2001년의 실제 저수지 운영수위는 8월까지의 추가공급 가능량이 발생하나, 8월 이후부터는 월별 최소 확보 수위보다 점점 작아지며 큰 수위저하를 나타내었다. 따라서 가뭄년의 경우에는 생활·공업용수와 하천유지용수를 높였을 경우 용수확보에 어려움을 겪는 것으로 분석되었으며, 여유수량의 활용에 신중을 기해야 한다.

5. 결과

본 연구는 하천유지용수의 개념을 정립하고 비교적 수량이 풍부한 대상지구의 여유수량을 산정하였다. 또한 계획공급량 이외의 추가공급 가능량을 하천유지용수로 판단하여 대상지구에 활용하고 가치를 판단하는 등 용수이용률 제고에 관하여 연구하였다.

그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 하천유지용수는 농촌지역 수변공간의 경관 및 기능보전 또는 수변 공간 중의 산책, 스포츠, 물놀이, 낚시 등 레크리에이션을 통한 심리적, 정서적 만족을 얻을 수 있는 용수로 판단하였다. 또한 하천유지용수를 환경용수와는 구분하나, 수변환경의 조성 및 수질 정화를 위한 용수이용량의 증가등 어떠한 목적을 갖고 환경용수의 명목으로 배분하는 추가적인 용수는 하천유지용수로 판단하였다.
2. 댐 건설당시 계획된 관개수량과 기타용수량 이외에 발생하는 추가적인 여유수량을 산정하기 위하여 동화댐의 최소 확보 저수위를 산정하였다. 이를 통해 추가공급 가능량을 산정하였으며, 방류량 요소의 이용률을 높임으로써 댐의 용수 이용률을 제고하였다.
3. 실제 저수지 운영수위를 각 월에 유지해야할 저수지 최소수위와 비교한 결과, 1999년과 2000년 2개년의 저수지 운영수위는 월별 최소 확보 저수위보다 높게 유지되는 것으로 분석되었다. 이를 통해 동화댐은 계획한 용수공급이 가능한 것으로 판단 할 수 있다.

참고 문헌

1. 최지용, 2004, 지속가능한 물관리를 위한 환경생태용수 배분방안, 국토연구원
2. 김선주, 김필식, 임창영, 2004, 개방형 물관리 프로그램을 이용한 관개용 저수지의 거동분석, 한국농공학회논문집 제46권 제1호, pp.3-13
3. 김선주, 김필식, 이주용, 2004, 관개용댐의 기간별 저수위 관리 기법, 한국수자원학회 학술대회
4. 농림부, 2002, 농업생산기반정비사업계획설비기준 - 필댐편
5. Kim Phil Shik, 2005, Operation Standard Establishment and Development of Effective Storage Management Model of Small Dams, Ph.D thesis : Konkuk University