

댐 운용을 통한 팔당댐의 하천용수 공급가능량 분석

The Analysis of Potential Discharge to Supply the Stream Water Discharge in Paldang Dam by Dam Operation

최계운* · 김영규** · 함명수*** · 황영만**

Choi, Gye Woon · Kim, Young Kyu · Ham, Myeong Soo · Hwang, Young man

Abstract

Instream flows are defined as the stream flows needed to protect and preserve instream resources and values. They are supplied by the essential discharge for maintaining the channel. However, due to the lack of precipitation during the dry season, which is usually between the months of January and April, natural flows are not enough for the instream flows, thus leaving the dams at a shortage. In this paper, the method which will be discussed will show a physical way to improve water quality by the dilution of water that is supplied from a reservoir or dam, and how it is analyzed at the Han River basin. For the sake of this analysis, the basin has been divided into 33 catchments. Each catchment's natural flow has been simulated by SWAT-K, and the future water demand has been estimated using statistical data. It has also been assumed that the Han River basin has two large reservoirs(Chung-ju dam, and So-yang dam). The supply of potential discharge has been calculated using a case of water separately from each dam, as well as supply water from both dams.

Key words : instreamflow, potential discharge to supply, Dam operation, Han-river basin

요 지

하천유지유량은 하천의 정상적인 기능을 유지하기 위하여 필요한 유량으로 특정지점에 필수적으로 공급해야 할 유량이다. 그러나 우리나라는 수량의 계절적 편차가 심하기 때문에 갈수기인 1월부터 4월까지 강수량이 극히 부족하여 물 부족 현상을 겪고 있다. 이 기간 중에 자연유출량으로 하천유지유량을 공급하지 못하는 경우가 발생하게 되며, 이때 댐의 저수유량을 이용하여 하천유지유량을 공급하게 된다. 본 연구에서는 갈수기에 하천유지유량을 유지하면서 공급하는 경우에 발생하는 수질 악화현상을 방지하기 위해 상류의 대규모 저류지로부터 하천유지유량과 추가 공급이 가능한 유량에 대하여 한강유역을 대상으로 분석하였다. 한강유역을 총 33개의 소유역으로 구분하였으며, SWAT-K를 이용하여 각 소유역에서 발생하는 자연유출량을 모의하였으며, 용수수요량은 과거 용수사용량 자료를 이용하여 장래수요량을 추정하였다. 팔당댐지점에 유량을 공급하는 대규모 저류지는 남한강의 충주댐과 북한강의 소양강댐이 있는 것으로 고려하였으며 각각의 댐에서 물을 공급하는 경우와 동시에 공급하는 경우에 대하여 하천용수 공급가능량을 분석하였다.

핵심용어 : 하천유지유량, 하천용수 공급가능량, 댐 운용, 한강유역

1. 서 론

하천유지유량은 하천이 하천으로서의 기능을 유지하기 위하여 필요로 하는 유량으로 특정지점이나 구간에 대하여 규정하고 있다. 하천유지유량의 산정은 일반적으로 갈수량을 최소한의 기준으로 감안하도록 하고 있으나 최근에 와서는 항목별 필요유량, 즉 수질보전, 생태계(어류) 보전, 경관, 수상이용, 염수침입방지, 하구 막힘 방지, 하천관리시설의 보호, 지하수위의 유지, 그리고 어업 등의 기능 중에서 그 하천에서 필요로 하는 기능을 충분히 만족시킬 수 있는 최소한의

유량과 평균 갈수량을 비교하여 큰 값으로 산정하고 있다.

하천유지유량은 1970년대 초부터 염해방지를 위한 유량으로 계획되어 하천수의 염분농도를 기준치 이하로 유지하기 위한 목적으로 활용되어 왔으며, 1980년대에 들어서면서 환경오염에 대한 문제가 대두되기 시작하면서 하천유지유량의 개념도 수질문제에 크게 중점을 두기 시작하였다. 최근에는 다양한 방법으로 하천유지유량을 산정하는 방법을 제안하고 있으며 이를 통합하여 국토해양부에서 주요 지점별 하천유지유량을 고시하고 있다.

그러나 이러한 하천유지유량은 산정하는 방법에 따라 다르

*정회원 · 인천대학교 공과대학 토목환경공학과 정교수 (E-mail : gye woon@incheon.ac.kr)

**인천대학교 대학원 토목환경공학과 박사과정

***인천대학교 대학원 토목환경공학과 석사과정

게 제안되고 있으며, 제안되는 유량도 하천의 기본적인 기능을 유지할 수 있는 유량일 뿐 하천의 충분한 기능을 유지할 수 있는 유량은 아니다.

본 연구에서는 하천유지유량을 만족시키지만 이때 여전히 발생하는 수질문제 등을 해결하기위하여 추가적으로 공급 가능한 유량이 얼마인지를 분석하여 향후 하천유지유량의 증가 가능성을 판단하고, 추가 공급을 통하여 수질 및 환경개선을 위한 가능유량을 제안하고자 한다.

본 연구는 우리나라의 주요 하천인 한강유역을 대상으로 분석하였으며, 목표지점은 하천유지유량이 고시되어 있는 팔당댐 지점으로 하천유지유량 공급 가능성을 분석하고 대규모 저류 기능이 있는 소양강댐과 충주댐의 운영에 따른 하천에 공급가능유량을 분석하였다.

2. 한강의 소유역 구분

2.1 한강유역의 일반현황

한강유역은 북위 36° 30'~38° 55', 동경 126° 24'~129° 02' 에 걸쳐 한반도의 중앙부에 위치하며 유역면적이 26,219 km² (임진강을 포함하는 경우 34,473 km²임), 유로연장 481.7 km, 유역의 평균폭 54.4 km, 유역 형상계수가 0.111인 한국의 최대하천으로 휴전선 이남지역의 남한 전체면적 99,237 km²의 약 26.4%를 차지하고 있다.

한강은 남한강과 북한강이 합류되는 병렬하천으로 구성되어 있으며, 남한강의 발원지는 강원도 태백시 창죽동 대덕산 남쪽의 금대봉의 검룡소로서 오대천 및 송천이 정선부근에서 합류하여 하류로 내려오면서 평창강, 달천, 섬강, 청미천, 북한강 및 경안천등의 큰 지류들과 합류하여 유역을 이루고 있고 북한강은 군사분계선 이북에 위치하고 있는 단발령에서 발원하여 금강천, 수입천, 소양강, 가평천 및 홍천강 등의 많은 대소 지천들과 합류하여 유역을 형성하고 있으며, 이 두 개의 국가하천이 한강 인도교 상류 약 41 km지점인 양수리 근처에서 합류하여 팔당댐에 유입된 이후 팔당댐하류 협착부(약 5 km에 걸쳐 형성된 암질의 급류부)를 유하한 후 광대한 충적평야지대를 거쳐 서울특별시를 통과하기까지 만곡되어 흐르다가 김포지역과 인천지역을 지나 한강하류부에서 임진강과 합류되어 서해로 흘러들어간다.

2.2 한강유역의 소유역 구분

소유역 구분은 환경부와 국토해양부가 함께 사용하고 있는 표준유역을 이용하여 구성하였으며 본 연구를 위해 구성된 소유역은 그림 1과 같다.

그림 1과 같이 남한강의 경우 골지천 및 주천부터 시작하여 흑천 합류점 전까지 18개 소유역으로 나뉘었다.

북한강은 화천댐을 포함하여 소양강 유역 등 남한강과 합류 전까지 11개 소유역으로 구성하였다. 또한 남한강과 북한강이 합류되는 지점은 흑천 및 경안천을 포함한 팔당댐 유역으로 4개 소유역으로 구성하는 등 총 33개 소유역으로 구성하였다. 본 연구에서 분석기준이 된 지점은 그림 1의 한강F 지점으로 팔당댐 직하류 유역까지 포함하고 있으며 한강 중

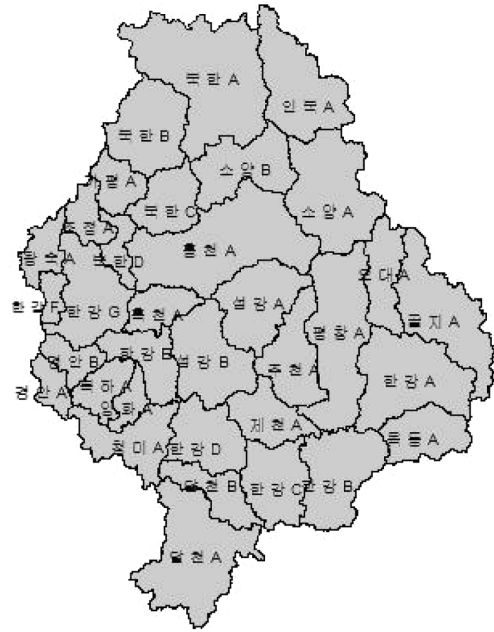


그림 1. 한강유역의 소유역 구성

하류에서 취수되는 용수는 팔당댐에서 취수되는 것으로 가정하였다.

3. 자연유출량 해석

하천에 흐르는 물의 양을 산정하기 위해서는 각 소유역에서 발생하는 자연유출량이 필요하다. 본 연구에서 사용된 자연유출량은 준분포형모형인 SWAT-K 모형을 이용하여 각 소유역별 유출량을 해석하였다.

3.1 SWAT-K 모형의 개요

SWAT-K 모형은 SWAT 모형을 국내실정에 맞춰 일부를 개선한 프로그램이다(과학기술부, 2007). SWAT은 미국 농무성 농업연구소(ARS)의 Jeff Arnold 등에 의해 개발된 유역 모델로서 대규모의 복잡한 유역에서 장기간에 걸친 다양한 토양의 종류와 토지이용 및 토지관리 상태에 따른 물과 유사 및 농업화학물질의 거동에 대한 토지관리방법의 영향을 예측하기 위하여 개발되었다.

SWAT은 ARS에서 개발된 여러 모형들의 특징을 채택하여 SWRRB (Williams 등, 1985; Arnold 등,1990)를 기본으로 하여 개발되었으며 1994년 최초발표하고 이후 지속적인 개선을 통하여 Windows 환경 및 GRASS, Arcview 등의 지리정보 시스템과 연계된 SWAT 2000의 개발에 이르렀다.

SWAT-K 모형은 SWAT-MODFLOW(분포형 지하수 해석), SWAT-SWMM(도시화 영향 예측), SWAT-AGRIMAN(농업용수 운용) 등의 결합모형이 포함되어 있다. 최근에는 Muskingum 추적법, 변동저류추적법 등의 하도추적법에 대하여 매개변수 설정에 따른 제약성과 이로 인해 발생하는 유출추적 결과의 한계를 극복하고자 운동과 근사에 의한 비선형 저류방정식을 이용한 하도추적법(김남원 등, 2007)을 제시하여 갈수기 유출모의의 정확도를 높였다.

3.2 자연유출량 산정

본 연구에서는 팔당댐 상류유역에 대하여 SWAT-K 모형을 구축한 후, 장기유출모의를 수행하였으며, 소양강댐 상류, 충주댐 상류, 그리고 팔당댐 상류 등 크게 3개로 나누어 유출 보정을 실시하였다.

3.2.1 유역의 유출모의 및 자연유량 산정

대상유역의 유출분석 수행을 위해 지표면 유출은 토양특성에 따른 수정 CN법, 증발산량 산정은 Penman-Monteith 방법을 이용하였다. 하도추적의 경우 운동과 근사에 의한 비선형 저류방정식을 이용한 하도추적법(김남원 등, 2007)을 이용하였다.

SWAT-K 모형은 물리적인 모형이기 때문에 매개변수가 물리적으로 설정될 뿐 최적화나 기타 인위적인 조작을 하기 쉽지 않다. 따라서 매개변수의 보정은 실제로 검증의 절차와 같으며, 물리적인 범위 내에서 보정이 이루어지게 된다. 먼저 유출량 보정을 위해 토양증발보상계수(ESCO)에 대한 보정이 실시되며, 갈수기와 홍수기의 유량보정을 위하여 측방흐름 조정계수(ADJF), 대수층 함양 지체시간(GW_DELAY), 지하수 감수상수(ALPHA_BF), 평균경사장(SLSUBBSN) 등에 대하여 보정이 실시된다.

유출 보정 시 소양강댐과 충주댐 유입량자료를 이용하여 매개변수를 보정하여 모의값을 결정하였으며, 소양강댐과 충주댐의 일단위 유입량 관측치와 본 연구에서 모의한 모의치를 비교 결과 상관관계가 양호하게 나타났다. 팔당댐 상류지역의 경우 상류지역 댐에 의해 팔당댐으로 유입되는 유입량이 변화되기 때문에 상류에 위치한 소양강댐, 충주댐, 화천댐의 실제 방류량을 상류 유출량으로 가정하여 댐에 의한 유량 변화를 배제시켜 팔당댐 지점에서의 매개변수를 보정하였으며, 측정값과 모의값과의 상관관계는 매우 높은 상관성을 나타낸다.

본 연구에서 사용된 자연유량은 인위적인 물 사용량이 없는 상태에서 하천에 흐르는 유량을 의미하고 있으며, 팔당댐 지점에서의 모의 자연유량은 소양강댐과 충주댐, 화천댐 그리고 괴산댐으로 유입되는 유량을 하루 방류유량으로 하여 댐이 없는 상태로 가정하여 팔당댐 지점에서의 모의자연유량을 산정하였으며 모의기간은 1986년 ~ 2005년까지로 하였다.

3.2.2 자연유량에 대한 빈도해석 및 단위유역별 갈수량의 재분배

빈도해석은 어떤 사상이 발생하는 횟수를 추정하는 방법으로서 특히 극치사상의 빈도를 추정하는 데에 많이 중요하다. 본 연구에서는 빈도해석을 위해 수문년을 기준으로 33개 각 소유역별 월별 누가자연유량 계열을 작성하였다. 빈도분석시 확률분포형은 Weibull 분포형을 선정하였으며, 매개변수 추정 방법은 Hosking의 L - moment 방법을 이용하였다. 산정된 빈도갈수량을 팔당댐 지점을 기준으로 해당 빈도에 대하여 각 소유역별로 갈수량을 재배분 (redistribution)하는 과정이 필요하다. 각 단위유역에 대한 빈도별 갈수량 재배분을 수행하는 방법으로는 면적비법, 대유역 기준 면적비법, 소유역 가

중 면적비법이 있다.

본 연구에서는 소유역 기준 면적비법을 채택하였으며 자연유량에 풍수량, 평수량, 저수량, 갈수량값을 단위유역별로 산정하였다.

4. 용수수요량 산정

용수 공급은 하천수나 호소수의 유량을 취수하여 공급하는 것으로 자연유출량에서 용수수요량을 제외하고 사용된 물이 다시 하천으로 들어오는 유량을 추가하면 실질적으로 하천에 흐르는 유량이 계산된다. 기존의 용수수요량 추정은 과거의 유역의 용수사용경향이 미래에도 그대로 지속될 것이라는 가정하고 생활용수 수요량을 비교적 간단하게 분석할 수 있다고 판단하여 과거 물사용량을 분석하여 용수수요량을 추정하였다.

4.1 생공용수 수요량과 회귀율 분석

생공용수 사용량의 경우 상수도통계연보에서 행정구역상으로 제시된 상수도사용량을 기본으로 하여 각 소유역별 면적비로 나누어 용수사용량을 산정하였다.

과거 용수사용량을 분석하기 위하여 1995년부터 2004년까지 10년간의 상수도 통계연보의 용수사용량 자료를 분석하여 생공용수량을 산정하였다. 생공용수 수요량 산출 시에 사용되는 면적비는 우선 각 소유역이 어느 행정구역에 포함되는지를 확인하여 행정구역별로 구분되는 면적을 구하고 이를 다시 소유역을 포함하는 시, 군의 총 면적으로 나누어 각 소유역의 면적비를 산정하였다. 이 면적비를 시, 군, 구의 생공용수 수요량에 곱하여서 각 소유역의 생공용수 수요량을 산출하였다.

산출한 생공용수량을 기준으로 장래수요량은 소유역별로 추정하였으며 사용량의 통계분석에 근거하여 년증가량을 계산하였고 이를 2004년 자료를 기준으로 하여 년증가량을 합산하여 년도별 소유역의 장래수요량을 추정하였으며 2007년을 기준년으로 했을 경우 소유역별 생공용수와 농업용수의 장래수요량은 표 1과 같다.

또한, 용수사용량에 대한 회귀유량의 산정은 회귀율을 이용하여 회귀수량을 산정하여 용수사용량에 회귀유량을 더한 순물소모량으로 활용하였다. 기존 생활용수 회귀율은 표 2와 같이 약 65%를 사용하였으나 1990년대 들면서 하수관거 개선 등에 대한 투자로 인하여 회귀율이 증가하는 경향을 나타내고 있다.

4대강 하천수 사용실태 조사보고서에 의하면 지역별로 차이가 있지만 평균 76~85%의 회귀율을 나타내고 있으며, 일부 연구보고서에 의하면 90%이상을 상회하는 회귀율을 나타내고 있어 대부분 사용된 물이 회귀되는 것으로 분석되었다. 그러나 이러한 결과는 정비가 잘된 도시지역에 한해서 나타나고 있으며 대부분의 농촌지역이나 소도시의 경우 아직도 70%정도의 회귀율을 나타내고 있다.

표 1. 소유역별 용수의 장래수요량 (2007년 기준)
(단위 : 천 톤/년)

지점	생공용수	농업용수
골지A	10535.750	6267.678
오대A	1570.030	2908.344
한강A	6670.340	9895.308
주천A	4209.830	14381.180
평창A	3716.230	27608.720
옥동A	2931.180	12315.420
한강B	4177.292	20246.180
한강C	9755.150	15332.440
제천A	9422.380	11485.240
한강D	14506.440	49133.200
달천A	7334.480	82626.400
달천B	6708.418	27389.000
섬강A	7149.840	42794.680
섬강B	26520.850	46083.840
청미A	24408.100	83085.900
양화A	3706.120	25225.400
북하A	11082.170	43102.440
한강E	5856.850	88447.480
흑천A	2024.680	43738.760
경안A	26557.000	8003.030
경안B	13645.570	10041.278
한강F	31291.700	40037.000
북한B	5597.970	18653.320
인북A	3744.250	15285.956
소양A	4514.370	15412.300
소양B	9028.620	9646.684
북한C1	7267.220	26316.900
북한C2	4824.400	7663.920
가평A	2456.120	12355.980
홍천A	10624.050	59131.600
북한D	2060.339	7656.072
조종A	2104.564	8940.080

표 2. 기존 보고서의 용수회귀율

출처	회귀율
한강유역조사 (1978)	생공 : 5%~19%
	농업 : 26%~31%
한강유역조사 (1990)	생공 : 65%
	농업 : 순물소모량
기존댐 용수공급능력조사 (1997)	생공 : 65%
	농업 : 순물소모량
수자원 계획의 최적화 연구 (1999)	생공 : 65%
	농업 : 35%
수자원장기종합계획 (2001)	생공 : 65%
	농업 : 물소모량

4.2 농업용수 수요량과 회귀율 분석

농업용수 사용량의 경우 한국농촌공사에서 측정한 중권역별 농업용수 사용량 자료를 이용하여 생·공업용수 사용량 분석과 동일하게 면적비 방법으로 각 소유역의 용수사용량을 계산하였다.

농업용수 회귀율은 생공용수 회귀율에 비해 매우 다양하게

나타나고 있다. 농업용수의 경우 기존 물수지 분석 보고서에서 26~35%로 다양한 값을 나타내고 있다. 또한 직접 측정하여 회귀율을 제시한 논문이나 보고서에 의하면 지역적, 재배작물 등에 따라 18~70.5%의 다양한 회귀율을 나타내고 있다. 기존의 자료 중 조사된 자료 전체평균의 값은 48.5%로 조사되었으며, 본 연구에서는 기존의 조사연구와 보고서의 35%와 조사된 48.5%를 감안하여 기존 회귀율 35%를 40%로 상향조정하여 선정하였다.

5. 하천용수 공급가능량 해석

5.1 상류 댐이 없는 경우의 팔당댐의 월별 유하량 분석

하천유지유량의 공급가능량 및 추가 공급가능량을 분석하기 위하여 남한강과 북한강에서 용수를 공급하고 있는 댐이 없는 경우에 대하여 한강유역의 유하량을 분석하였다. 생공용수와 농업용수의 경우 장래수요량을 산출한 것을 감안한 수요량을 기준으로 2007년을 목표연도로 하여 자연유출량 2년, 5년, 10년, 20년, 30년 빈도에 대하여 유하량을 계산하였다. 팔당댐지점에서의 유출량은 그림 2에 나타나듯이 강우가 적은 겨울철인 12월, 1월, 2월에 유하량이 다른 때보다 적게 나타나고 있으며 여름 장마기인 6월, 7월, 8월에 매우 많은 유하량이 발생하는 것으로 분석되었다. 특히 1월과 2월에는 분석한 모든 빈도에서 고시된 하천유지유량 61.2 m³/s 보다 적은 유량이 흐르는 것으로 분석되어 갈수기에는 댐으로부터 하천용수공급이 필수적인 것으로 나타났다.

5.2 댐을 이용한 하천용수 공급가능량 분석

하천용수 공급가능량은 하천유지가능 유하량이란 물수지 분석을 통하여 저수지 초기저수위 및 운영, 회귀율, 용수 수요 등의 조건이 만족되었을 경우 확보 가능한 하천의 유지유량으로서 식 (1)과 같이 계산하였다.

$$\text{하천용수공급가능량} = \text{댐 저류량} + \text{댐 유입량} + \text{자연유출량} - \text{생} \cdot \text{공} \cdot \text{농업용수량} \quad (1)$$

한강유역에서 운용되고 있는 주요 댐은 소양강댐 및 충주댐을 비롯하여 발전용댐인 춘천댐, 청평댐 팔당댐 등 총 11개가 위치하고 있다. 이 중에서 용수공급 및 활용 가능성 측면에서 남한강유역에서 충주댐과 북한강유역의 소양강댐 등 두 개의 댐을 활용하는 방법에 대하여 분석하였다.

남한강에 위치한 충주댐의 경우 상시만수위는 EL. 141.00 m이며 저수위는 EL. 110.00 m로 활용할 수 있는 총 유량은 1784.8백만 톤이다. 댐의 초기수위별 하천용수 공급가능량을 분석하기 위하여 상시만수위인 EL. 141.00 m와 제한수위 EL. 138.00 m, 그리고 제한수위에서 5m씩 감소시키면서 EL. 133.00 m, EL. 128.00 m, EL. 123.00 m에 대하여 저수위까지의 유량을 활용하는 것으로 가정하였으며 이때 유사 퇴적에 의한 저수용량 감소는 없는 것으로 가정하였다.

북한강에 위치하고 있는 소양강댐의 경우 활용 가능한 최저수위를 저수위인 EL. 150.00 m로 설정하여 소양강댐 초기

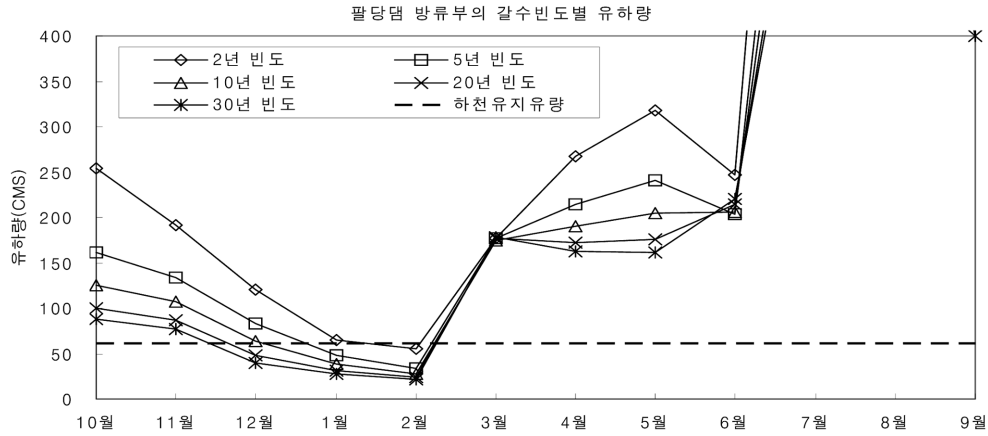


그림 2. 대규모 저류지가 없는 경우 팔당댐 지점의 갈수빈도별 월별 유하량

수위를 상시만수위인 EL. 193.50 m와 제한수위 EL. 185.00 m, EL. 180.00 m, EL. 175.00 m, 및 EL. 170.00 m로 하였으며 충주댐과 동일하게 저수위까지 활용하는 것으로 분석하였으며 퇴적으로 인해 저수용량 감소는 없는 것으로 가정하였다. 표 3에 충주댐과 소양강댐의 5가지 초기수위별로 운용용량을 산출하여 나타내었다.

자연유출량의 경우 2년, 5년, 10년, 20년, 30년 빈도에 대하여 분석하였으며 각 지점별로 일 유출량을 계산하여 월별 유하량으로 산정하고, 이를 바탕으로 하천유지유량은 물론 그 이상 추가적으로 공급 가능한 하천용수 공급가능량을 분석하였다.

각 댐의 수위별 저류용량을 고려하여 댐의 초기수위에 따른 하천용수 추가 공급가능량을 분석하였다. 이 때, 팔당댐 하류에서 취수되는 광역상수도의 경우 공급에 지장이 없이 지속적으로 취수되어야 하는 양이기 때문에 계산상 취수에 영향이 없도록 팔당댐에서 취수되는 광역상수도와 같이 일괄 취수하는 것으로 가정하였다.

5.2.1 충주댐을 이용한 하천용수 공급가능량 분석

충주댐의 저수위인 EL. 110.00 m를 기준으로 상시 만수위인 EL. 141.00 m, 제한수위인 EL. 138.00 m, 제한수위이후 5m씩 차감하여 EL. 133.00 m, EL. 128.00 m, EL. 123.00 m에 대하여 하천용수 공급가능량을 해석하였다. 그림 3의 경

우 빈도별로 필수 하천공급유량과 그 이상 추가적으로 공급 가능한 하천용수 공급가능량을 나타낸 것이다. 그림 3과 같이 모든 빈도에서 건기인 1월 ~ 2월에는 고시된 하천유지유량보다 유하량이 적어 댐으로부터 추가적으로 유량을 공급 받아야 하며 그 이외의 건기인 10월 ~ 6월까지도 하천유지유량보다는 유하량이 많으나 수질관리를 위해 추가적으로 상류 저류지에서 물을 공급해야 하는 것으로 나타나고 있으며 그 양이 각 빈도별로 감소되는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 초기수위 변화에 따라 빈도별로 하천유지유량 이상 추가적으로 공급 가능한 하천용수 공급가능량을 계산하면 표 4와 같다. 충주댐에서 하천용수 공급가능량을 공급할 경우 빈도 및 초기수위에 따라 목표지점인 팔당댐 하류 지점에서 7,780백만 톤에서 350백만 톤까지 공급할 수 있는 것으로 나타났다. 초기수위를 123 m 이상으로 유지할 경우 30년 갈수 빈도에서도 목표지점에서 350 백만 톤 이상의 물을 추가적으로 공급할 수 있는 것으로 나타났다.

5.2.2 소양강댐을 이용한 하천용수 공급가능량 분석

소양강댐의 저수위인 EL. 150.00 m를 최저수위로 하여 상시만수위인 EL. 193.50 m, 제한수위인 EL. 185.00 m, EL. 180.00 m, EL. 175.00 m 및 EL. 170.00 m에 대하여 하천용수 공급가능량을 분석하였다. 표 5에 2007년도의 빈도별 추가 하천용수 공급가능량 값을 나타냈고, 그림 4에 2007년도의 상시만

표 3. 충주댐과 소양강댐의 활용 가능한 운용용량

	초기수위	운용구간(m)	운용용량(백만톤)	비고
충주댐	EL. 141.00	EL. 110.00 ~ EL. 141.00	2385.249 - 600.44 = 1784.809	상시만수위
	EL. 138.00	EL. 110.00 ~ EL. 138.00	2140.288 - 600.44 = 1539.848	제한수위
	EL. 133.00	EL. 110.00 ~ EL. 133.00	1762.2458 - 600.44 = 1161.806	
	EL. 128.00	EL. 110.00 ~ EL. 128.00	1432.637 - 600.44 = 832.197	
	EL. 123.00	EL. 110.00 ~ EL. 123.00	1148.4456 - 600.44 = 548.006	
소양강댐	EL. 193.50	EL. 150.00 ~ EL. 193.50	2569.16 - 697.95 = 1871.21	상시만수위
	EL. 185.00	EL. 150.00 ~ EL. 185.00	2062.89 - 697.95 = 1364.94	제한수위
	EL. 180.00	EL. 150.00 ~ EL. 180.00	1802.25 - 697.95 = 1104.3	
	EL. 175.00	EL. 150.00 ~ EL. 175.00	1565.69 - 697.95 = 867.74	
	EL. 170.00	EL. 150.00 ~ EL. 170.00	1352.25 - 697.95 = 654.3	

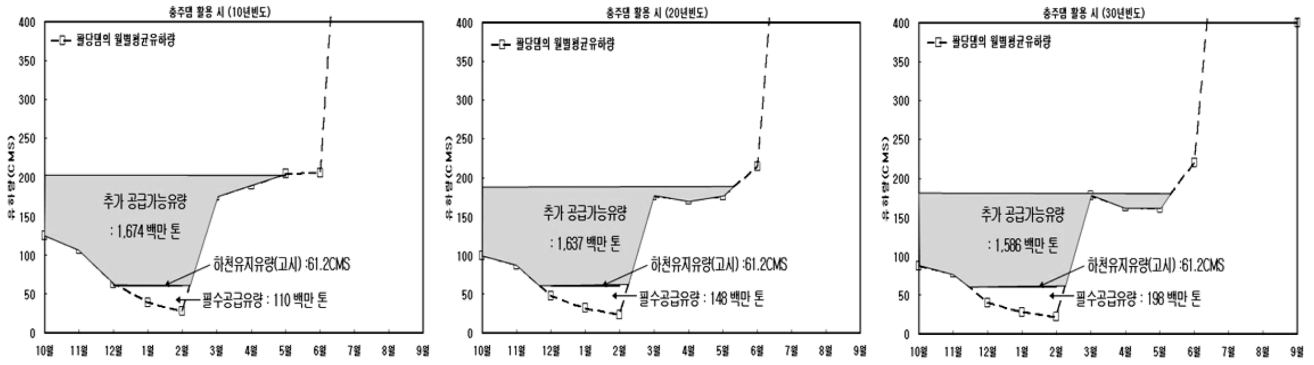


그림 3. 상시만수위에서 충주댐의 빈도별 추가 하천용수 공급가능량(2007년 용수추정량 기준)

표 4. 2007년도의 충주댐을 이용한 추가하천용수 공급가능량

초기수위(m)	빈도별 추가 하천용수 공급가능량(백만 톤)					비고
	2년	5년	10년	20년	30년	
EL. 141.00	1,780	1,718	1,674	1,637	1,586	상시만수위
EL. 138.00	1,535	1,473	1,429	1,392	1,342	97.9%(제한수위)
EL. 133.00	1,157	1,095	1,051	1,014	963	94.3%
EL. 128.00	828	765	721	684	634	90.8%
EL. 123.00	543	481	437	400	350	87.2%

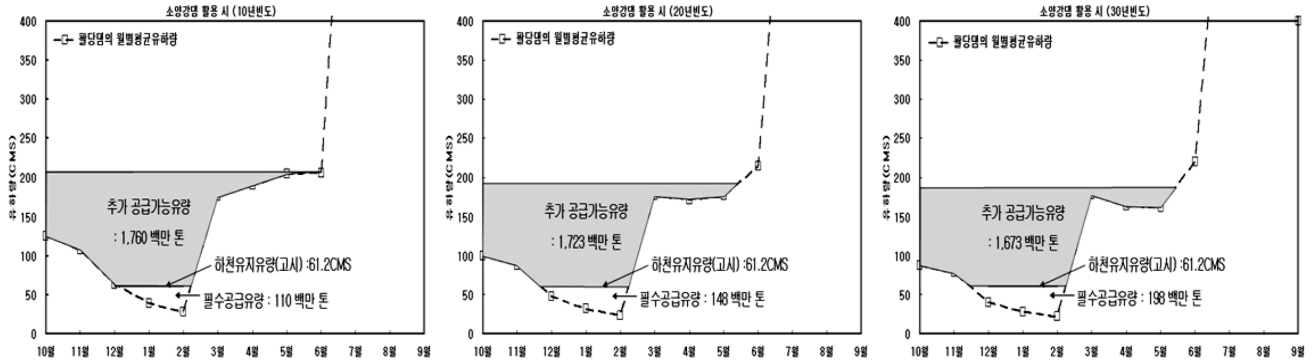


그림 4. 상시만수위에서 소양강댐의 빈도별 추가 하천용수 공급가능량(2007년 용수추정량 기준)

표 5. 2007년도의 소양강댐을 이용한 추가 하천용수 공급가능량

초기수위(m)	빈도별 추가 하천용수 공급가능량(백만 톤)					비고
	2년	5년	10년	20년	30년	
EL. 193.50	1,867	1,804	1,760	1,723	1,673	상시만수위
EL. 185.00	1,360	1,298	1,254	1,217	1,167	95.6%(제한수위)
EL. 180.00	1,100	1,038	993	956	906	93.0%
EL. 175.00	863	801	757	720	669	90.4%
EL. 170.00	650	588	543	506	456	87.9%

수위에서의 빈도별로 필수 하천공급유량과 그 이상 추가적으로 공급 가능한 하천용수 공급가능량을 나타냈다.

소양강댐을 활용할 경우도 충주댐을 활용할 경우와 마찬가지로 1월 ~ 2월에는 고시된 하천유지유량보다 유하량이 적어 댐으로부터 추가적으로 유량을 공급 받아야하며 그 이외의 건기 10월 ~ 6월까지도 하천유지유량보다는 유하량이 많으나 수질관리를 위해 추가적으로 상류 저류지에서 물을 공급해 주어야 하며, 그 양은 표 5에서 보는 바와 같다. 소양강댐의 경우 충주댐보다 규모가 크기 때문에 용수공급능력이 증가하여 초기수위를 170 m 이상으로 유지할 경우 30년 갈수 빈도

에서도 목표지점에서 450백만 톤 이상의 물을 추가적으로 공급할 수 있는 것으로 나타났다.

5.2.3 충주댐과 소양강댐을 동시에 이용한 하천용수 공급가능량 분석 앞에서 충주댐 및 소양강댐을 각각 단독으로 활용할 경우에 대하여 분석하였다. 그러나 한강의 경우 팔당댐에서 물을 공급하기 때문에 두 개의 댐을 같이 활용할 수 있는 장점이 있기에 두 댐을 동시에 활용하여 하천용수 공급가능량을 분석하였다.

충주댐의 저수위인 EL. 110.00 m와 소양강댐의 저수위인

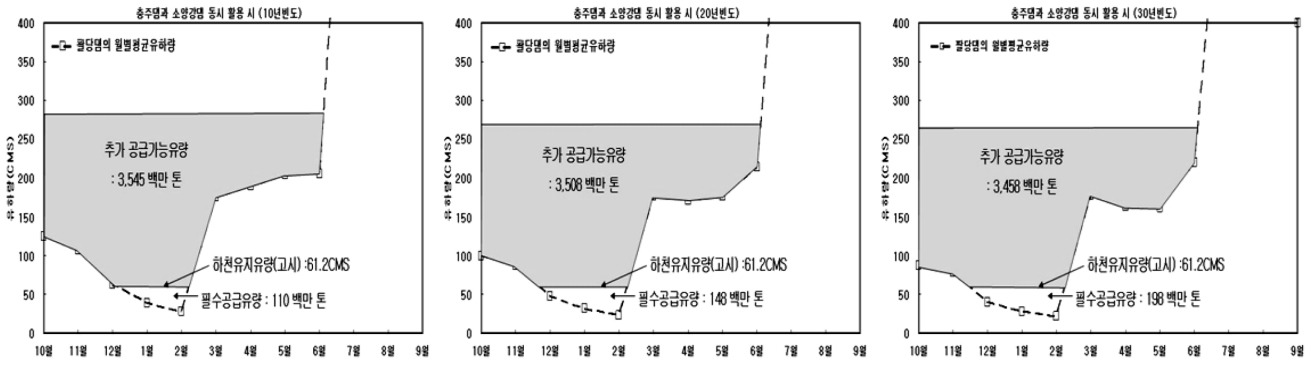


그림 5. 상시만수위에서 충주댐과 소양강댐의 빈도별 추가 하천용수 공급가능량 (2007년 용수추정량기준)

표 6. 2007년도의 충주댐과 소양강댐을 동시에 이용한 추가 하천용수 공급가능량

초기수위(m)		빈도별 추가 하천용수 공급가능량(백만 톤)					비고
		2년	5년	10년	20년	30년	
상시만수위	EL. 141.00	3,651	3,589	3,545	3,508	3,458	
	EL. 193.50						
제한수위	EL. 138.00	2,900	2,838	2,794	2,757	2,706	
	EL. 185.00						
제한수위보다 5 m 낮은 경우	EL. 133.00	2,261	2,199	2,155	2,118	2,068	
	EL. 180.00						
제한수위보다 10 m 낮은 경우	EL. 128.00	1,695	1,633	1,589	1,552	1,502	
	EL. 175.00						
제한수위보다 15 m 낮은 경우	EL. 123.00	1,198	1,136	1,091	1,054	1,004	
	EL. 170.00						

EL. 150.00 m를 기준으로 충주댐과 소양강댐의 상시만수위인 EL. 141.00 m와 EL. 193.50 m, 제한수위인 EL. 138.00 m와 EL. 185.00 m, 이후 5 m씩 차감하여 EL. 133.00 m와 EL. 180.00 m, EL. 128.00 m와 EL. 175.00 m, EL. 123.00 m와 EL. 170.00 m에 대하여 하천용수 공급가능량을 해석하였다.

두 개의 댐을 동시에 활용할 경우 필수 하천유지유량을 공급하면서 단독으로 활용하는 경우에 비해 상당히 많은 유량을 하천에 추가적으로 공급할 수 있는 능력이 있으며 갈수빈도별 목표지점의 추가 하천용수 공급가능량은 표 6과 같다. 각 댐을 단독으로 활용할 경우 하천유지유량을 제외하고 추가적으로 최대 1,700 백만 톤내·외의 유량을 흘러내려 보낼 수 있는 것으로 분석되었으나 동시에 활용할 경우 3,651 백만 톤까지 하천유지유량을 제외하고 추가 공급할 수 있는 것으로 나타났다. 또한 초기수위를 최저로 한 경우 30년 빈도에서도 1,004 백만 톤의 유량을 추가 공급할 수 있는 것으로 분석되었다.

6. 결 론

본 연구에서는 한강수계의 중요성을 인식하고 하천유지유량의 공급가능성과 추가적인 하천용수 공급가능량을 분석하여 팔당댐의 상수원 적정수질을 유지 할 수 있는 기초자료로 활용하기 위해 한강수계의 자연유출량, 용수수요량 분석을 통하여 하천용수 공급가능량을 산정하였으며 그 결과는 다음과 같다.

- (1) 남한강에 위치한 충주댐을 활용할 경우 고시된 하천유지유량을 공급하기 위하여 팔당댐지점에 충주댐에서 4

백만 톤 ~ 198백만 톤을 공급해야하는 것으로 분석되었으며, 추가적으로 공급 가능한 하천용수 공급가능량은 빈도 및 초기수위에 따라 350백만 톤 ~ 1,780 백만 톤까지 공급할 수 있는 것으로 나타났다.

- (2) 북한강에 위치한 소양강댐을 활용할 경우 고시된 하천유지유량을 공급하기 위하여 팔당댐지점에 소양강댐에서 4백만 톤 ~ 198백만 톤을 공급해야하는 것으로 분석되었으며, 추가적으로 공급 가능한 하천용수 공급가능량은 빈도 및 초기수위에 따라 456백만 톤 ~ 1,867백만 톤까지 공급할 수 있는 것으로 나타났다.
- (3) 충주댐 및 소양강댐 두 개의 댐을 동시에 활용할 경우 단독으로 활용할 때보다 약 50%이상 증가되었고 빈도 및 초기수위에 따라 1,004백만 톤 ~ 3,651백만 톤까지 공급할 수 있는 것으로 나타났다.
- (4) 댐이 존재하지 않을 때 팔당댐의 유하량은 겨울, 봄의 갈수기에는 그 유하량이 매우 적어 고시된 하천유지유량을 공급하지 못하는 것으로 판단된다. 이에 댐을 활용할 경우에는 갈수기에 댐의 최소 운용용량(저수위)을 유지하면서도 고시된 하천유지유량 이상의 충분한 양의 물을 공급해 줄 수 있을 것으로 판단되며 하천유지유량 이상의 물을 추가 공급함으로써 팔당댐지점의 수질 또한 향상시킬 수 있는 것으로 판단된다.

참고문헌

건설교통부, 산업기지개발공사(1978) 한강유역조사.

건설교통부, 한국수자원공사 (1997) 기존댐 용수공급능력조사(한강수계) 보고서.

건설교통부, 한국수자원공사 (2001) 수자원장기종합계획(water vision 2020).

건설교통부, 한국수자원공사, 한국건설기술연구원 (1999) 수자원계획의 최적화 연구(III).

과학기술부, 한국건설기술연구원 (2007) 수자원의 지속적 확보기술 개발사업 - 지표수 수문성분 해석기술 개발보고서.

김남원, 이정우, 이병주, 이정은 (2007) 비선형 저류방정식을 이용한 일 단위 하도추적법. 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제27권, 제5B호, pp. 533-542

한강수계관리위원회 국립환경과학원 한강물환경연구소 (2007) 유역내 하천유지 가능유하량 해석 최종보고서.

한국농촌공사 (1974-2003) 농업용수 수요량 산정내역.

한국수자원공사 (1990) 한강유역조사.

환경부 (1995-2004) 상수도 통계연보.

Arnold, J. G., J. R. Williams, A. D. Nicks, and N. B. Sammons (1990). *SWRRB: A Basin Scale Simulation Model for Soil and Water Resources Management*, Texas A&M Univ. Press, College Station, TX.

Williams, J. R., A. D. Nicks, and J. G. Arnold (1985). Simulator for Water Resources in Rural Basins. *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 111, No. 6, pp. 970-986.

© 논문접수일 : 08년 09월 25일
 © 심사의뢰일 : 08년 09월 29일
 © 심사완료일 : 08년 11월 18일