

금강의 3개 보 설치에 의한 용수공급 가능성



노재경 ▶▶
 우리학회 정회원
 충남대학교 지역환경토목학과 교수
 jknoh@cnu.ac.kr

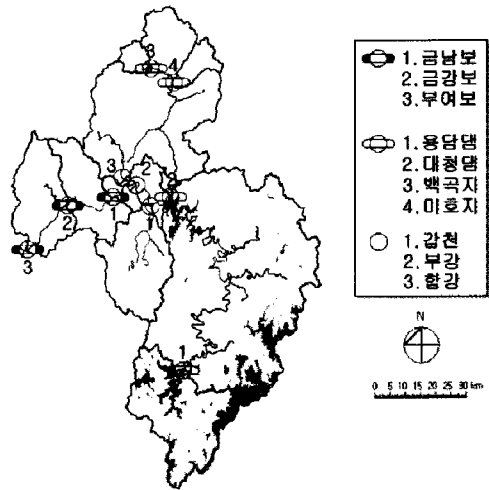


그림 1. 부여보 유역 및 주요 지점

1. 서론

4대강 살리기에서 금강은 부여보, 금강보, 금남보 등 3개 보 설치를 계획하고 있다. 보의 주요 목적은 저수량 확보에 있으며, 관리수위에 따라 용수공급의 효과를 면밀히 검토할 필요가 있다. 본 연구에서는 유역내에 위치한 기존의 다목적댐과 일정 규모 이상의 농업용 저수지의 운영을 고려한 하천유량을 모의하고 이를 바탕으로 3개 보의 연계운영에 의한 저수량 확보와 용수공급의 효과를 분석하고자 한다. 여기서 홍수처리에 대한 검토는 논외로 한다.

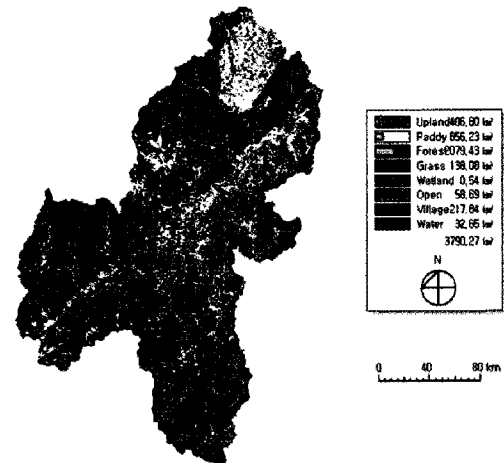


그림 2. 부여보 유역 토지이용 (대청댐 유역 제외)

2. 연구자료 및 방법

2.1 대상유역 및 자료

대상유역의 주요 지점은 그림 1과 같이 금강 본류에 금남, 금강, 부여보가 위치하고, 상류에 용담댐, 대청댐의 다목적댐과 백곡지, 미호지가 위치하고, 유출해석을 위해 감천, 부강, 합강 지점을 추가하였다.

기상자료는 기상관측소의 자료를, 강우자료는 유역조사의 표준유역 강우량을 사용하며 1966년부터 2007년까지 분석한다. 대청댐 유역을 제외한 부여보 지점의 유역면적은 3790.3 km²이며, 밭이 406.80 km²로 전체의 10.7%, 논이 856.23 km²로 전체의 22.6%, 삼

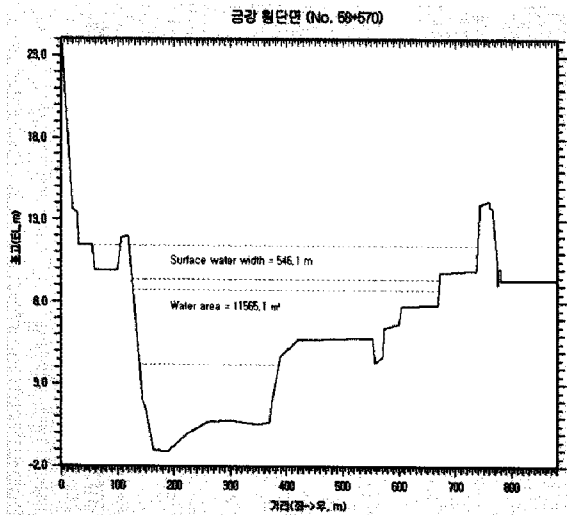


그림 3. 부여보 지점 하천횡단자료

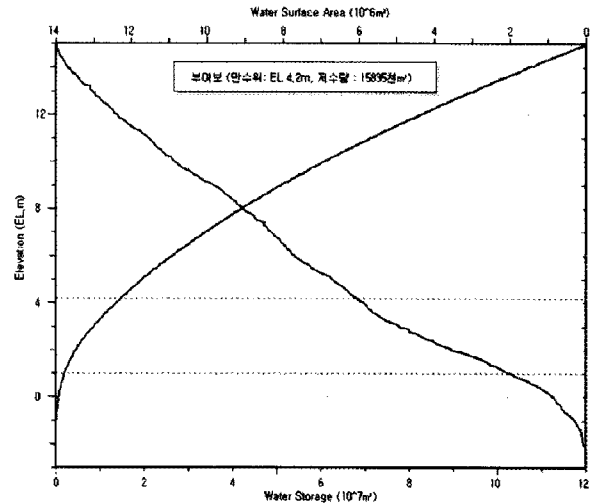


그림 4. 부여보 내용적

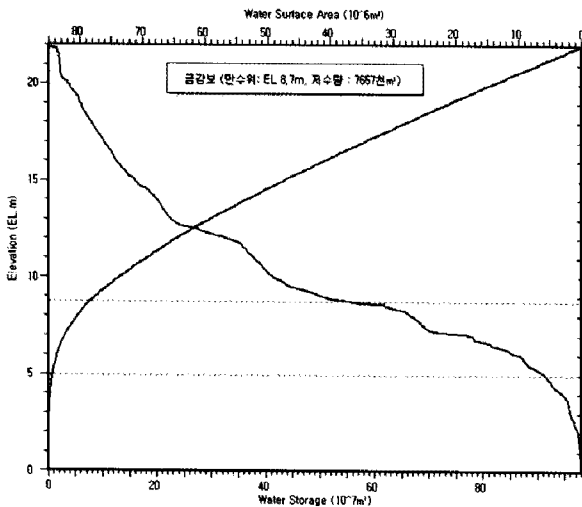


그림 5. 금강보 내용적

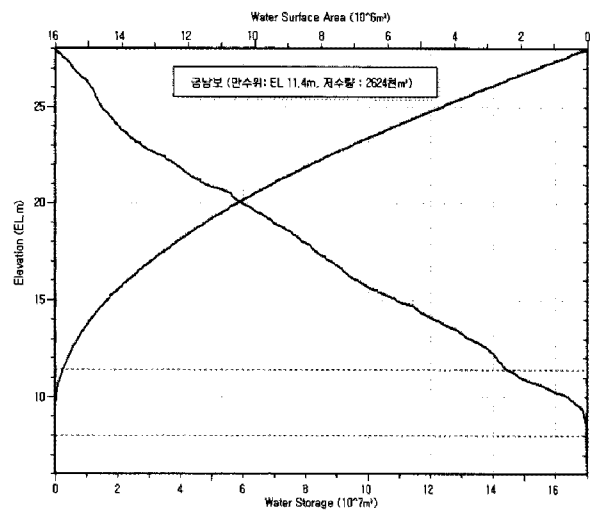


그림 6. 금남보 내용적

림이 2079.44 km²로 전체의 54.9 %, 초지가 138.08 km²로 전체의 3.6 %, 습지가 0.54 km²로 전체의 0.06 %, 나지가 58.69 km²로 전체의 1.5 %, 시가지가 217.84 km²로 전체의 5.7 %, 수역이 32.65 km²로 전체의 0.9 %를 차지하는 것으로 나타났다. 3개 보의 내용적은 그림 3과 같은 하천횡단자료(건교부, 2003)를 분석하여 추출하였다.

2.2 연구방법

3개 보 지점의 유황을 분석하여 평상시 보의 하루 방류량을 평균갈수량으로 결정한다. 유황 분석을 위

한 일 유량 자료는 그림 1의 다목적댐, 관개용 저수지, 주요 하천지점 등 하천망에 따라 단일, 연계의 직렬, 병렬 저수지 군의 운영에 의한 방류량을 고려하며, DAWAST 모형을 기반으로 모의하고 회귀수를 반영한다(노재경, 2003). 보의 용수공급능력의 판단은 월단위의 기간단위 신뢰도 95 % 수준에서 결정하며, 보의 관리수위와 하상굴착 정도에 따라 저수용량 시나리오를 설정하여 용수공급능력을 분석한다.

단일 저수지의 저수량 변화식은 식(1)~(2)와 같이 구성되며, 만수위를 초과하면 월류된다.

$$S(i) = S(i-1) + QI(i) - EW(i) - SQ(i) \quad (1)$$

$$OV(i) = S(i) - FS, \text{ if } H(i) > FH \quad (2)$$

식에서 (i)는 시간(일)을 나타내며, S는 저수량, QI는 유입량, EW는 저수면 증발량, SQ는 방류량, OV는 월류량, FS는 만수위의 저수량, H는 저수위, FH는 만수위를 나타낸다.

한편 연계 저수지의 저수량 변화식은 식(3)~(6)와 같이 구성되며, 하류 저수지의 유입량은 지류유입량과 상류 저수지의 방류량, 월류량으로 구성한다. 식(3)은 상류에 1개 저수지가 있는 경우, 식(6)은 상류에 2개 저수지 있는 경우이다. 여러 개 있는 경우는 2개 저수지가 위치하도록 분할하면 대부분의 경우를 분석할 수 있는 것으로 나타났다.

$$Q_{I\downarrow}(i) = Q_{L\downarrow}(i) + SQ_{up}(i) + OV_{up}(i) \quad (3)$$

$$S_{down}(i) = S_{down}(i-1) + Q_{I\downarrow}(i) - EW_{down}(i) - SQ_{down}(i) \quad (4)$$

$$OV_{down}(i) = S_{down}(i) - FS_{down}, \quad \text{if } H_{down}(i) > FH_{down} \quad (5)$$

$$Q_{I\downarrow}(i) = Q_{L\downarrow}(i) + SQ_{up1}(i) + OV_{up1}(i) + SQ_{up2}(i) + OV_{up2}(i) \quad (6)$$

식에서 QL은 지류유입량, 침자 down은 하류 저수지, up, up1, up2는 각각 상류 저수지를 나타낸다.

3. 결과 및 고찰

3.1 보 저수용량 시나리오

설계에서 제시한 부여, 금강, 금남보의 관리수위는 각각 EL.4.2m, EL.8.75m, EL.11.43m로 평수위 보다 크지만 홍수위에는 미치지 못하는 값으로 해당 하천의 둔치 표고보다 작은 값이다. 그러나 도시하천의 둔치표고를 1.5~2년 빈도 홍수위로 설계되는 것을 참고하여 2년 빈도 홍수위를 추가하였다. 하상은 현재상태와 최소한의 굴착을 고려한 경우로 단순화하여 3대 보의 저수용량 시나리오를 표 1과 같이 설정하였으며, 설계 관리수위인 현재하상인 경우의 내용적은 각각 15,835천³m, 7,687천³m, 2,624천³m으로 총 26,116천³m에 이르렀다.

표 1. 금강 3대 보의 저수용량 시나리오

시설명	구분 관리수위(EL.m)	저수량 (천 ³ m)	
		현재하상	굴착하상
부여보	4.20	15,835	23,070
	9.41	58,898	66,939
금강보	8.75	7,657	14,746
	13.01	29,915	38,307
금남보	11.43	2,624	3,043
	17.63	36,420	39,605

3.2 금강 3대 보의 유황과 하류방류량 결정

댐, 저수지, 보의 유입량과 하천 지점 유출량은 DAWAST 모형에 의해 자연유량을 모의하고, 표 2의 토지이용분석에서 추출한 유역별 논을 대상으로 수정 Penman 공식의 증발산을 근간으로 논용수를 일별로 추정(노재경, 2004)하여 35%를 회귀수로 보았고, 대전, 청주의 하수처리방류량을 추가하였다. 용담댐과 대청댐을 연계로 운영한 대청댐 방류량과 대전하수방류량을 추가한 갑천유량을 더해 지류유입량과 함께 부강 지점 유량을, 삼용보-맹동지-원남지-미호지의 직병렬 연계운영의 미호지 방류량과 백곡지 방류량을 고려하고 청주하수방류량과 지류유입량을 더해 합강 지점 유량을, 부강 유량과 합강 유량과 지류유입량을 더해 금남보 지점 유량을, 금남보 유량과 지류유입량을 더해 금강보 지점유량을, 금강보 유량과 지류유입량을 더해 부여보 지점 유량을 모의하였

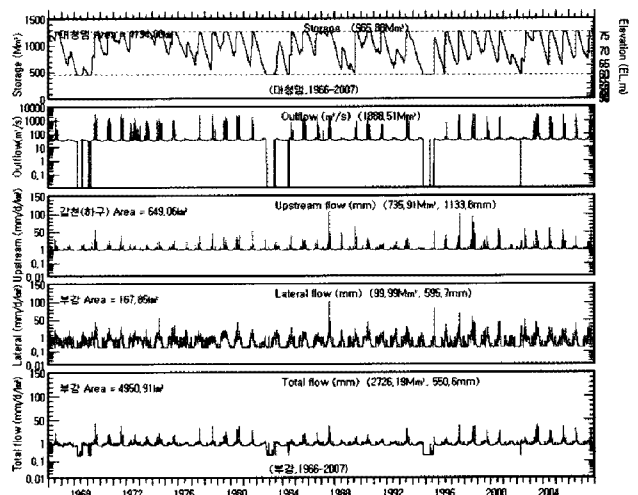


그림 7. 부강 지점 일 유량

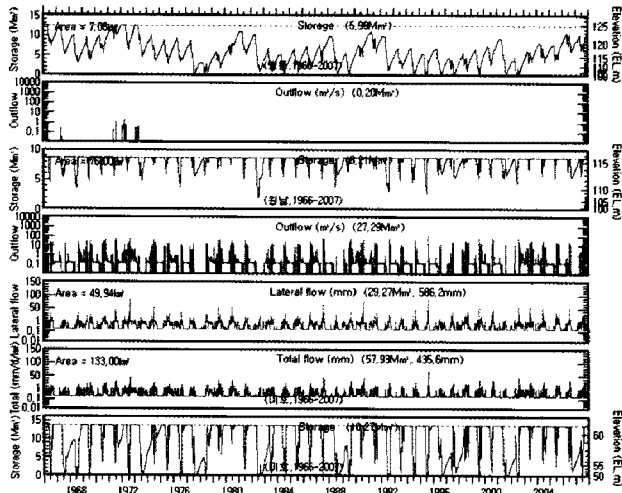


그림 8. 미호지 일 유입량, 저수량 변화

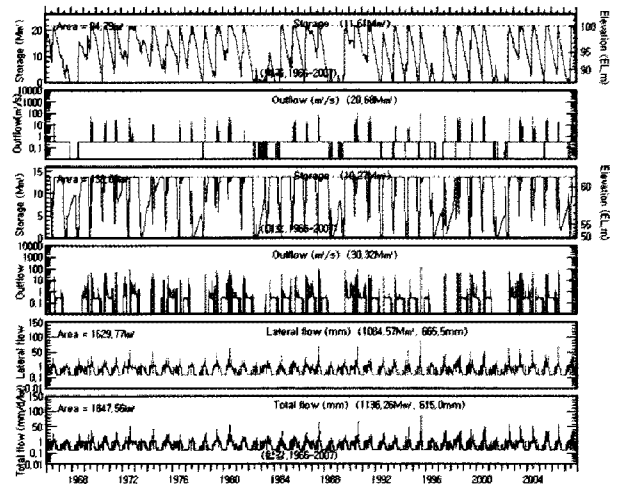


그림 9. 합강 지점 일 유량

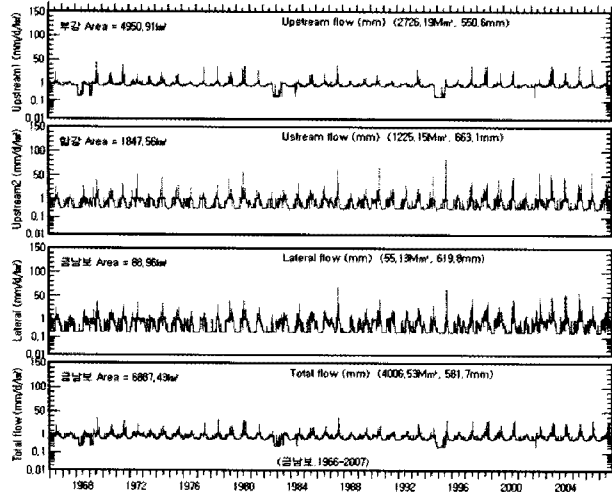


그림 10. 금남보 지점 일 유량

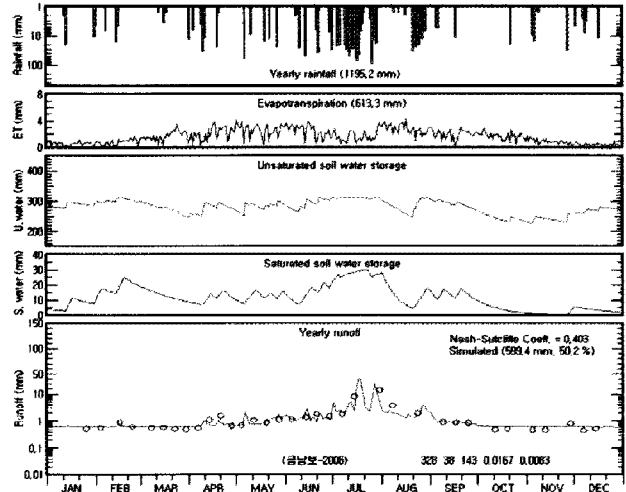


그림 11. 금남보 지점 관측-모의 일 유량

다. 이 중에서 예로서 그림 7의 부강 지점 일 유량, 그림 8의 미호지의 일 유입량, 그림 9의 합강 지점 일 유량, 그림 10의 금남보 지점의 일 유량의 모의 결과를 제시하였다.

위에서 살펴본 바와 같이 금남보, 금강보, 부여보 지점에서 모의한 일별 하천유량을 8일 간격으로 측정 한 유량과 비교하였다. 2005년부터 2008년까지 비

교하였고, 2006년의 예를 나타내면 각각 그림 11, 12, 13과 같다. 결과가 매우 양호하게 나타나 모의 결과의 적합성을 인정하였다. 따라서 모의 유량에 의해 유황분석을 실시하였으며, 금남보, 금강보, 부여보의 유황은 각각 그림 13, 14, 15와 같으며, 각 지점의 평균갈수량 44.4 m³/s, 45.4 m³/s, 46.7 m³/s을 평균갈수기의 상시 하류방류량으로 결정하였다.

표 2. 금강 3대 보 상류의 유출량 계산 유역의 논면적

유역명	유역면적(km²)	논면적(ha)	유역명	유역면적(km²)	논면적(ha)	유역명	유역면적(km²)	논면적(ha)
용담댐	930	8,329	미호지	133	485	합 강	1,848	51,041
대청댐	4,134	46,670	원남지	76	565	금남보	6,887	2,881
갈 천	649	10,140	삼용지	40	339	금강보	7,352	6,650
부 강	4,951	3,548	맹동지	7	15	부여보	7,924	9,002
백곡지	85	957						

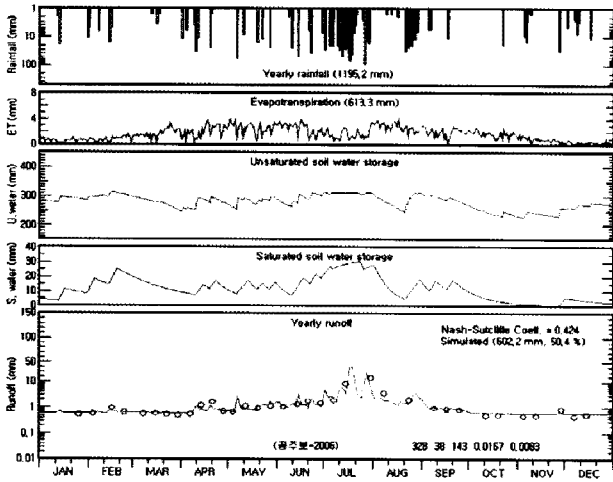


그림 12. 금강보 지점 관측-모의 일 유량

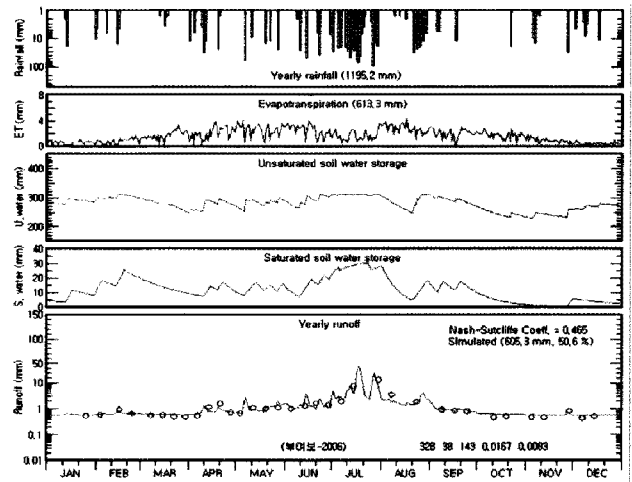


그림 13. 부여보 지점 관측-모의 일 유량

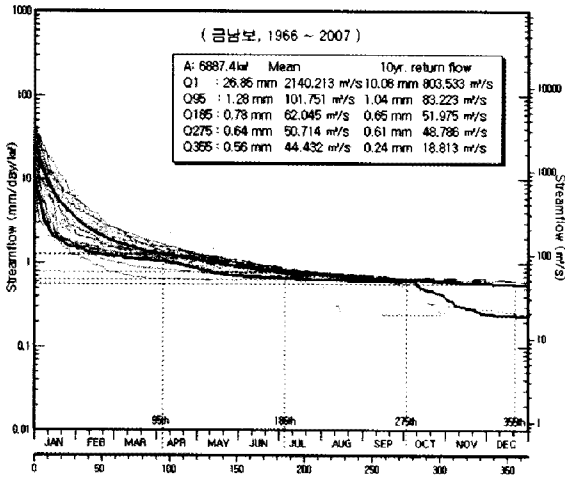


그림 14. 금남보 지점 유황 분석

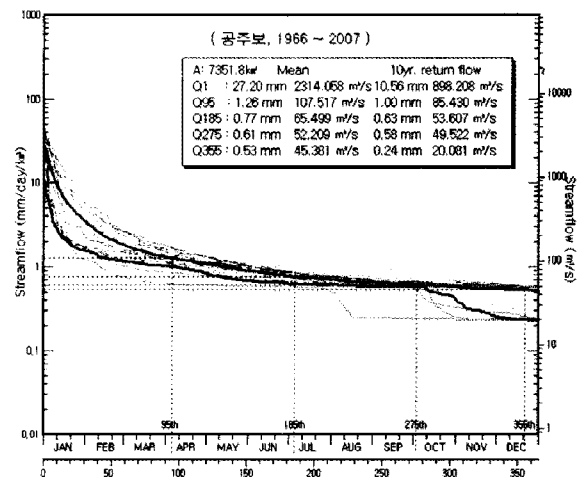


그림 15. 금강보 지점 유황 분석

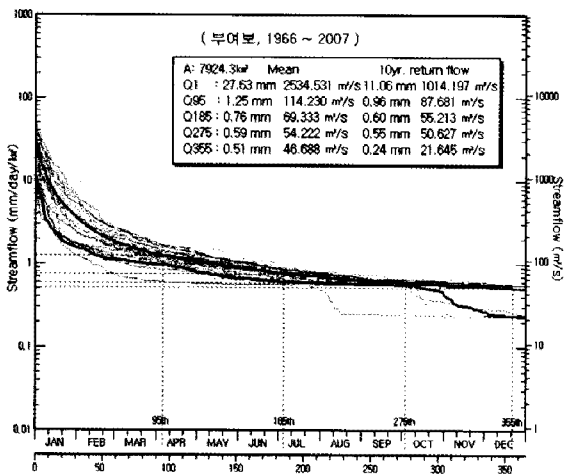


그림 16. 금강보 지점 유황 분석

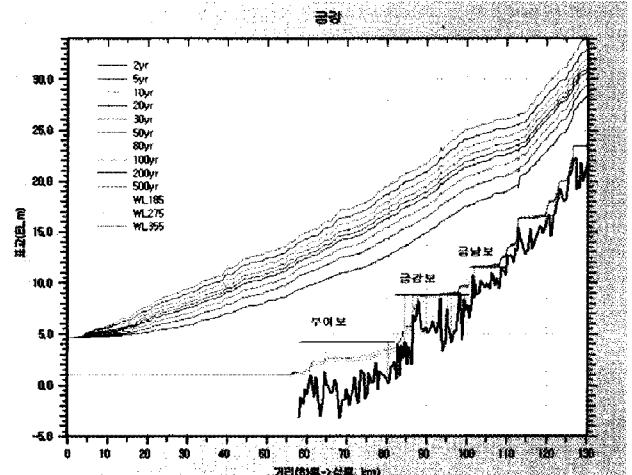


그림 17. 금강의 빈도별 홍수위와 3대 보의 설계 관리수위

3.3 금강 3대 보의 용수공급능력 분석

금강 3대 보의 저수용량은 표 1과 같이 관리수위 2

가지와 하상굴착 여부 2 가지의 조합에 따라 보별로 4가지가 되 표 3과 같이 총 12 가지가 된다. 표 3에서 시나리오 1, 3은 굴착하지 않은 현재 하상 조건이고,

표 3. 금강 3대 보 운영 시나리오

시설명	시나리오	저수량 (천 ³)	관리수위 (EL,m)	사수위 (EL,m)	하천유지유량 (m ³ /s)
금남보	1	2,624	11.43	9.0	44.4
	2	3,043	11.43	9.0	"
	3	36,420	17.63	11.43	"
	4	39,605	17.63	11.43	"
금강보	1	7,657	8.75	5.0	45.4
	2	14,746	8.75	5.0	"
	3	X			
	4	X			
부여보	1	15,835	4.2	1.0	46.7
	2	23,070	4.2	1.0	"
	3	58,898	9.41	4.2	"
	4	66,939	9.41	4.2	"

표 4. 금강 3대 보의 시나리오별 용수공급능력

시설명	시나리오	저수량 (천 ³)	생공용수 (백만 ³ /년)	생공용수 (만 ³ /일)	하천유지용수 (백만 ³ /년)
금남보	1	2,624	158.48	43.4	1,340.51
	2	3,043	158.76	43.5	1,343.07
	3	36,420	252.01	69.0	1,331.83
	4	39,605	269.78	73.9	1,332.84
금강보	1	7,657	168.10	46.1	1,363.39
	2	14,746	190.15	52.1	1,371.61
	3	X			
	4	X			
부여보	1	15,835	189.82	52.0	1,406.52
	2	23,070	206.68	56.6	1,400.86
	3	58,898	294.17	80.6	1,400.57
	4	66,939	297.69	81.6	1,400.38

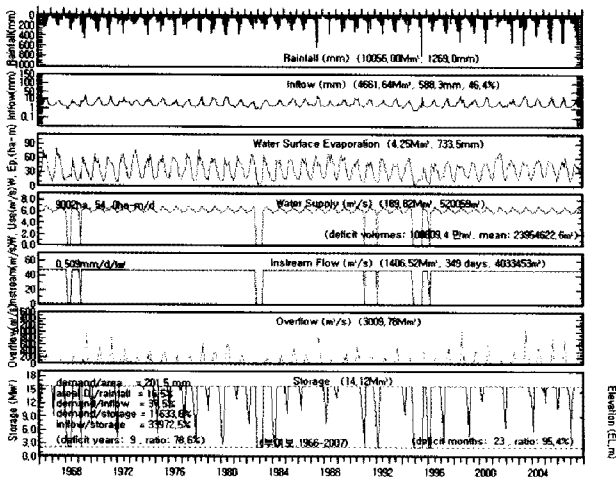


그림 18. 부여보의 용수공급능력 분석 (시나리오1)

시나리오 2, 4는 최소한의 굴착을 한 경우로서, 금강보 3, 4는 관리수위가 높은 경우로서 부여보의 관리수위를 EL.9.41m로 높게하면 금강보 지점이 잠기기 때문에(그림 17) 시나리오에서 삭제하였다.

금남보, 금강보, 부여보 등 상류로부터 금남보의 운영 결과 하류방류량을 고려하여 금강보 유입량을 모의하고, 금강보 운영 결과 하류방류량을 고려하여 부여보의 유입량을 모의하고 용수공급능력을 각각 분석하였다. 부여보의 시나리오 1의 경우 용수공급능력 분석결과는 그림 18과 같으며, 유입량은 4,661.64백만³/년, 생공용수 공급량은 189.82백만³/년, 하천유지유량은 1,406.52백만³/년, 월류량은 3,009.78

백만³/년으로 나타났으며, 3대 보의 10 가지 시나리오별 결과는 표 4와 같으며, 생공용수는 43~80만³/일 공급할 수 있는 것으로 분석되었다.

4. 결론 및 토의

금남보, 금강보, 부여보 등 금강 3대 보의 상류에 위치한 다목적댐과 주요 저수지의 운영을 고려하고 회귀수를 고려하여 유입량을 모의하고 검증한 후 보의 관리수위를 설계수위와 2년 빈도 홍수위 등 2 가지, 하상을 굴착하지 않은 상태와 약간 굴착한 상태 2 가지 등 보별로 4가지 시나리오를 설정한 후 각 보의 시나리오별로 용수공급능력을 분석하였다. 이 때 관리수위를 높게 하는 경우 금강보가 잠기기 때문에 금강보의 관리수위를 높게 하는 시나리오 3, 4는 제외시켜 10 가지의 경우를 분석하였다.

관리수위를 설계수위로 하는 경우 생공용수의 공급능력은 40~50만³/일, 2년 빈도 홍수위로 하는 경우는 70~80만³/일로 나타나 적지 않은 공급능력이 있는 것으로 분석되었으며, 관리수위를 높게 하는 경우는 금강보를 건설하지 않고 부여보와 금남보의 2개 만의 보로, 설계에서 제시한 관리수위를 갖는 3개 보의 용수공급능력과 같게 나타나는 것으로 분석되었

다. 또한 하상굴착 전후의 생공용수 공급능력의 차이는 보별로 최대 6만 m^3 /일에 불과한 것으로 나타나, 수질생태계, 하상안정 등을 고려하여 하상굴착의 정도를 최소화하여도 용수공급에는 영향이 적은 것으로 판단된다.

보의 관리수위는 전체 사업의 방향에 가장 크게 영향을 미치는 요인이라 해도 지나치지 않다. 여기서

홍수처리능력에 대한 검토는 생략하였지만 면밀하게 검토하여 양자를 살릴 수 있는, 기왕이면 용수공급의 기능도 살리는 사업이 바람직하지 않을까 생각해 본다. 예컨대 금남보의 물을 자연 유하로 건설중인 세종시의 시내 수로와 호수에 지속적으로 순환, 공급하는 시스템으로 가꾸는 계획도 가능하지 않을까? ☞

참고문헌

1. 건교부 (2003). 금강하천정비기본계획.
2. 국토해양부 (2009). 4대강 살리기 마스터 플랜, 4대강 살리기 추진본부.
3. 노재경 (2004). A system for estimating daily paddy irrigation water requirements in simulating daily streamflow. 한국농공학회논문집, 제46권 제7호, pp.71-80.
4. 노재경 (2003). 용수 수요를 고려한 DAWAST 모형의 적용성 평가, 한국수자원학회논문집, 제36권 제6호, pp.1097-1107.