

CE6 가뭄기간의 저수지 운영방안에 관한 연구

박기범 · 이순탁
토목도시환경공학부

1. 서 론

최근 들어 우리나라에서는 심한 가뭄이 빈번하게 일어나서 가뭄을 대비한 용수의 공급 문제가 심각한 정도이다. 특히 1994년 이후 발생한 가뭄에서는 저수지의 저류상태 또한 최악이 되어 제한급수와 농업용수의 부족으로 어려움을 겪은 바가 있다. 따라서 산업이 발달하고 도시화가 되고 문화적 수준이 높아진 현대에는 저수지의 역할이 중요하다고 할 수 있다. 저수지는 물이 풍부할 때 저장해 두는 역할이 더욱 중요시된다고 할 수 있는 이러한 때에 저수지에 저류된 물을 효율적으로 사용하기 위해서는 최적화된 저수지운영을 통하여 용수공급의 효율성을 높이는 중요성이 더욱 증대되고 있다. 저수지의 운영기준의 변화에 대한 연구로서는 권오익(1997)에서 홍수기에 가변제한 수위를 설정하여 홍수시 저수지의 저류효과를 증대시켜 홍수조절효과를 증대를 연구한 바 있다. 이와 마찬가지로 가뭄시에도 저수지의 운영 기준의 변화를 모색할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 가뭄기간의 저수지의 용수공급에 있어 저수지의 제약조건의 설정에 따른 용수공급을 해석하여 보다 효율적인 수자원의 관리방안을 제시하는데 있다.

2. 재료 및 실험 방법

본 연구의 분석에 사용된 낙동강 유역내의 댐은 안동댐과 임하댐이며, 낙동강 유역의 1993~1995년 가뭄의 실태로서는 이 기간에는 가뭄빈도가 안동댐 20년 빈도, 임하댐 100년 빈도에 해당하는 심각한 가뭄이 발생하였으며, 이는 1939년 712.6mm, 1932년 757.9mm에 이어 3번째에 해당하는 가뭄으로 3년 연속적으로 가뭄이 발생한 것은 1937~1939년 이후로 처음 있는 일이며, 사회의 발달에 따라 용수의 사용이 증가되어 그 심각성은 최악이었다고 할 수 있다. 1994년 기간 동안의 강우량과 유입량 저수량의 상황을 살펴보면 안동댐의 경우 예년 대비 77.3%에 해당하며 임하댐은 63.3%, 합천댐은 58.1%에 해당되는 강우가 아주 적은 시기였으며, 유입량 또한 안동댐은 예년 평균에 비해 60.2%, 임하댐은 28.3%에 해당하는 유입량을 보였다. 저수현황은 안동댐의 경우 년말 저수량이 예년대비 49.7%, 임하댐이 48.7%에 해당되었다. 1993년에서 1995년의 가뭄기간에 저수지의 상황을 요약하면 다음 Table 2.1~Table 2.3과 같다.

Table 2.1. Precipitation of dams in 1994 (mm)

Dam	Average	1994	Ratio(%)
Andong	1,102	852	77.3
Imha	1,003	636	63.4

Table 2.2. Inflow of dams in 1994

(10⁶m³)

Dam	Average	1994	Ratio(%)
Andong	891	536	60.2
Imha	792	224	28.3

Table 2.3. Storage of dams in 1994

(10⁶m³)

Dam	Average	end of 1994	Ratio(%)
Andong	666	331	49.7
Imha	314	153	48.7

본 연구에서는 Table 2.4에서와 같이 댐의 제원과 용수공급계획을 기준으로 하였으며 유입량 자료는 1993~1995년 기간동안 댐 실측 유입량 자료를 사용하였다.

Table 2.4. Reservoir characteristics

Dam	Level	EL.m	Storage (10 ⁶ m ³)	Water-supply (10 ⁶ m ³ /year)
Andongdam	Top inactive	121.0	114.967	926
	Top buffer	130.0	237.429	
	Top conservation	160.0	1,224.022	
	Top flood control	162.5	1,355.979	
	Top of Dam	163.9	1,433.220	
Imhadam	Top inactive	124.0	40.119	497
	Top buffer	137.0	123.868	
	Limit in flood season	161.7	514.775	
	Top conservation	163.0	548.191	
	Top flood control	164.7	594.736	
	Top of Dam	165.8	626.658	

※ 댐시설관리기준 1994.12 건설부, P.498, P.503, 다목적댐운영 실무편람 1998, 한국수자원공사

3. 결과 및 고찰

본 연구에서 가뭄기간에 저수지 운영에 있어 보다 효율적인 용수확보 방안을 모색하고자 실제 1993~1995년의 가뭄기간과 평균 저수량을 기준설정에 따른 저수지의 최적 용수공급방안을 도출하였으며, 안동댐, 임하댐, 합천댐의 1993년부터 1995년까지의 가뭄기간동안의 관측된 유입량을 사용하였으며 특히 최적화 기법에서 최적 용수공급량을 결정하고 운영방안을 결정하는데 있어 제약조건이 되는 초기저수량과 말기 저수량에 대한 제약조건을 설정하여 선형계획법을 이용하여 용수공급량을 분석하였다.

분석에 있어 제약조건은 CASE 1에서는 일반적인 저수지 운영방안으로 초기조건과 말

기 저수량 조건을 상시만수위 용량을 사용하였으며, CASE 2에서는 초기조건은 저수위에서 시작하여 말기조건은 상시만수위 용량으로 하였으며, CASE 3은 1993~1995년에 저수지의 실제 상황과 같이 초기조건은 각 저수지의 평균저수량을 말기조건은 1994년도 저수량으로 하였으며, 마지막으로 CASE 4는 초기조건과 말기조건을 평균저수량으로 하여 운영하였으며 이를 요약하면 Table 3.1과 같다.

Table 3.1. Operation condition

	Initial condition	End condition
CASE 1	Conservation storage	Conservation storage
CASE 2	Buffer storage	Conservation storage
CASE 3	Average storage	End storage 1994
CASE 4	Average storage	Average storage

각 저수지의 CASE 1~CASE 4의 초기조건과 말기조건의 저수량을 보면 Table 3.2~Table 3.3과 같다.

Table 3.2. Andong dam operation condition (10⁶m³)

	Initial condition	End condition
CASE 1	1,224	1,224
CASE 2	237	1,224
CASE 3	666	331
CASE 4	666	666

각 댐의 유입량 현황을 조사하여 분석한 결과 안동댐의 월평균 유입량은 평균 25.80m³/sec로 나타났으며, 최대 130.70m³/sec이며, 최소값은 3.2m³/sec로 나타났다.

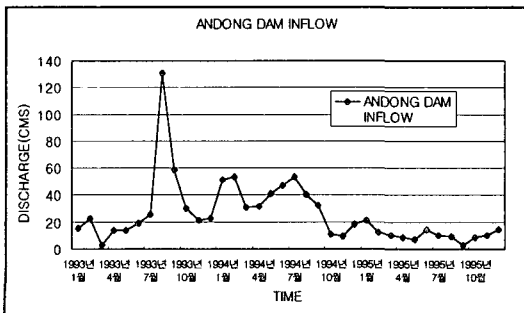


Fig. 3.1. Andong dam inflow.

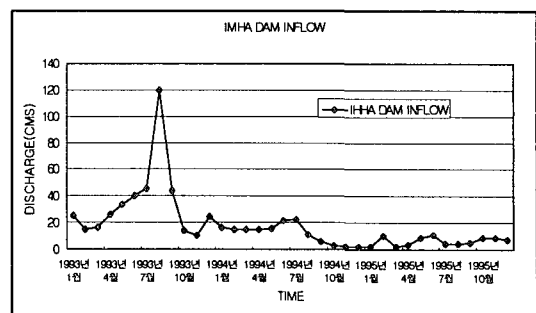


Fig. 3.2. Imha dam inflow.

Table 3.3. Imha dam operation condition

(10⁶m³)

	Initial condition	End condition
CASE 1	548	548
CASE 2	124	548
CASE 3	314	153
CASE 4	314	314

임하댐의 월평균 유입량은 평균 17.74m³/sec로 나타났으며, 최대 119.60m³/sec이며, 최소 값은 2.0m³/sec로 나타났다. CASE 별로 안동댐과 임하댐을 최적 운영한 결과 안동댐은 CASE 3 > CASE 4 > CASE 1 > CASE 2로 나타났으며 용수공급량은 Table 4.5와 같다.

분석한 결과에 의하면 CASE 3의 1993~1995년의 가뭄기간에도 안동댐의 경우는 914.16백만 톤/년으로서 안동댐의 계획 용수공급량 926백만 톤/년에 98.8%를 공급할 수 있는 것으로 나타났으며, CASE 4는 가뭄기간에도 계속적인 용수의 확보방안으로 평균 저수량을 목표로 유지하는 것으로 한 경우로서 이때에는 용수공급량이 802.56백만 톤으로 86.7%정도를 공급이 가능한 것으로 나타났다.

또한 안동댐의 평균저수량은 CASE 1~CASE 4를 살펴보면 각각 1,181.34백만 톤, 904.37백만 톤, 710.38백만 톤, 877.88백만 톤으로 나타났다. 이는 안동댐의 평균 저수량 666백만 톤의 각각 177%, 136%, 107%, 132%에 해당하는 용량이다.

Table 3.4. Andong dam water supply case by case

(10⁶m³)

Water supply	Monthly	Yearly
CASE 1	44.13	529.56
CASE 2	35.61	427.31
CASE 3	76.18	914.16
CASE 4	66.88	802.56

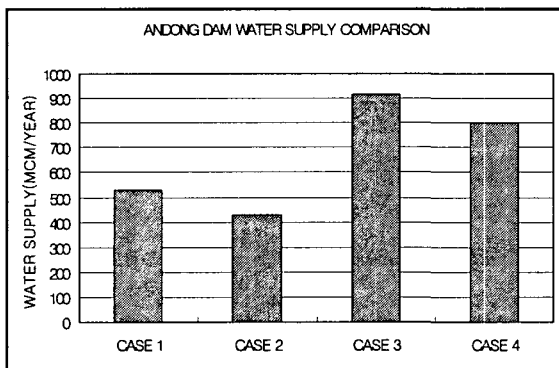


Fig. 3.3. Andong dam water supply comparison.

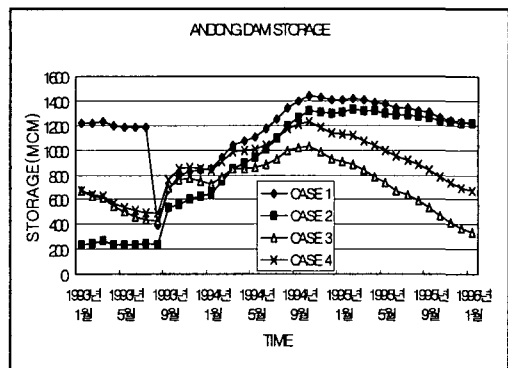


Fig. 3.4. Andong dam storage.

임하댐은 CASE 3 > CASE 4 > CASE 1 = CASE 2로 나타났으며 용수공급량은 Table 4.6과 같다. 분석한 결과에 의하면 CASE 3의 1993~1995년의 가뭄기간에도 임하댐의 경우는 527.04백만 톤/년으로서 임하댐의 계획 용수공급량 592백만 톤/년에 89.0%를 공급할 수 있는 것으로 나타났으며, CASE 2인 경우에 540.36백만 톤/년으로 공급계획의 91.3%정도를 공급할 수 있는 것으로 분석되었다. CASE 4는 가뭄기간에도 지속적인 용수의 확보방안으로 평균저수량을 목표로 유지하는 것으로 한 경우로서 이때에는 용수공급량이 413.40백만 톤/년으로 69.8%정도를 공급이 가능한 것으로 나타났다. 또한 임하댐의 평균저수량은 CASE 1~CASE 4를 살펴보면 각각 505.39백만 톤, 459.63백만 톤, 426.38백만 톤, 447.88백만 톤으로 나타났다. 이는 임하댐의 평균 저수량 314백만 톤의 각각 161%, 146%, 136%, 143%에 해당하는 용량이다.

Table 3.5. Imha dam water supply case by case (10⁶m³)

Water supply	Monthly	Yearly
CASE 1	20.22	242.64
CASE 2	20.22	242.64
CASE 3	43.92	527.04
CASE 4	34.45	413.40

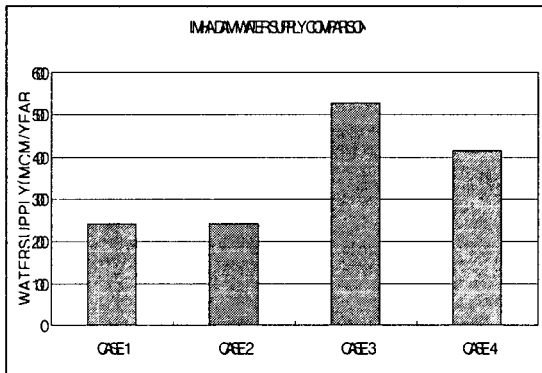


Fig. 3.5. Imha dam water supply comparison.

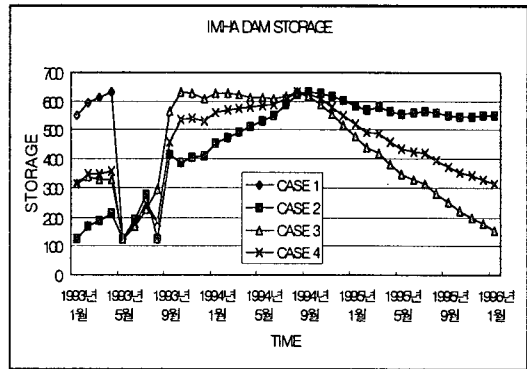


Fig. 3.6. Imha dam storage.

본 연구의 내용을 요약하면 1993~1995년의 가뭄 발생시 안동댐의 운영에서 정상적 저수지 운영의 방안인 CASE 1의 경우에는 용수공급이 529.56백만 톤/년으로 57.2%정도의 양을 공급이 가능하여 용수부족이 심각하므로 가뭄기간의 저수지운영 제약조건을 초기수위는 CASE 3과 CASE 4에서와 같이 초기수위를 안동댐의 평균 저수량으로 시작하여 말기 저수량을 평균 수위에서 1994년의 말기 저수량의 범위이상으로 제약조건을 설정할 경우 계획 공급량의 99~86%를 공급이 가능할 것으로 판단된다.

임하댐의 운영에서 정상적 저수지 운영의 방안인 CASE 1의 경우에는 용수공급이

242.64백만 톤/년으로 41.0%정도의 양을 공급이 가능하여 용수부족이 심각하므로 가뭄기간의 저수지운영 제약조건을 초기수위는 CASE 3과 CASE 4에서와 같이 초기수위를 임하댐의 평균 저수량으로 시작하여 말기 저수량을 평균 수위에서 1994년의 말기 저수량의 범위이상으로 제약조건을 설정할 경우 91~70%정도 용수공급이 가능할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

한국수자원학회지, 1997, 3(2), pp.7-10.

권오익, 1997, 가변제한수위와 저수지 홍수변환법에 의한 홍수기중 저수지 운영, 인하대학교 공학박사논문.

한국수자원공사, 1992, 임하다목적댐 공사지.

산업기지개발공사, 1986, 소양강·안동 다목적댐 사업효과분석 보고서, 건설부.

건설부, 1994, 댐시설관리기준.

박기범, 1997, 저수지의 저류량-용수공급 능력해석에 관한 연구, 영남대학교 공학석사 논문

한국수자원공사, 1998, 다목적댐 운영실무편람, 한국수자원공사.

Dortman R. Mathematical Models: The Multi-Structure Approach, in Design of Water Resources System, Edited by A. Miass, Harvard Univ. Press.

Manne A.S., 1960, Linear Programming and Sequential Decision, Management Science, 6(3).

Windsor J.S., 1973, Optimization Model for the Operation of Flood Control System, Water Resources Research, 9(5).

Dagil C.H., Miles J.F., 1980, Determining Operating Policies for a Water Resources System, Journal of Hydrology, 47(34).

Louck D.P., Stedinger J.R. and Haith D.A., 1981, Water Resources Systems Planning and Analysis, Prentice-Hall.

ReVelle C. Joeres E. and Kirby W., 1969, The Linear Decision Rule in Reservoir Management and Design, Development of the Stochastic Model, Water Resources Research, 5(4).

LINEAR, 1986, INTEGER AND QUADRATIC PROGRAMMING LINDO, 3rd edition
Linus Shrage.