

가뭄기간의 저수지 운영방안에 관한 연구

박 기 뽠 · 이 순 탁

영남대학교 토목도시환경공학부

(2004년 6월 16일 접수; 2004년 10월 18일 채택)

The Study of Reservoir Operation for Drought Period

Ki-Bum Park and Soon-Tak Lee

School of Civil, Urban and Environment Engineering, Yeungnam University, Gyeongsan 712-749, Korea

(Manuscript received 16 June, 2004; accepted 18 October, 2004)

In this study the results of optimal water supply analysis by operating constraints of reservoirs during drought period are as follows. During drought period, water supply reliability is possible about 97~61% by CASE 1~CASE 5. Water supply reliability is possible about 97.3% in case of the Andong dam and 87.7% in case of the Imha dam by CASE 3. Also, under the constraints of CASE 4, water supply reliability is possible about 87.5% in case of the Andong dam and 73.3% in case of the Imha dam. The reason what low of available water supply ratio is decreased inflow of Imha dam. When compare standard deviation of average storage with standard deviation of storage, stable storage can be secured during successive drought period. And it also can minimize shortage of water during drought. therefore, it is impossible that reservoir supply sufficient water but change of operating condition is better than pervious on that followed by full reservoir level.

It is need that the study for optimal water supply during drought period has to be continued.

Key Words : Reservoir, Drought, Optimization. Linear Programming

I. 서 론

수자원은 인간에게 있어 꼭 필요한 자원중의 하나이다. 특히 문화수준이 발달할수록 물의 사용량은 더욱 늘어가고 있는 추세이다. 물의 중요성은 물이 하루라도 없으면 우리의 생활은 생존의 위협을 느낄 만큼의 대단히 중요한 것이라 할 수 있다. 또한, 인간이 이용할 수 있는 물의 양은 한정이 되어 있어 하천이나 지하수 혹은 저수지의 물을 이용하고 있다.

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 가뭄의 발생시에는 저수지의 용수공급역할이

중요하다고 할 수 있다. 저수지는 물이 풍부할 때 저장해 두는 역할이 더욱 중요시된다고 할 수 있으며 가뭄발생시에 저수지에 저류된 물을 효율적으로 사용하기 위해서는 최적화된 저수지운영을 통하여 용수공급의 효율성을 높이는 중요성이 더욱 증대되고 있다.

저수지 운영의 최적화에 대한 연구로는 Dortman¹⁾은 선형계획법을 이용한 Mass balance를 포함한 여러 제약 조건을 만족시킴과 동시에 경제적 목적함수를 최대화시키는 결정변수를 구하는 모형을 제시하였으며, Manne²⁾는 단일저수지 최적운영을 위한 makov process optimization 기법을 선형계획법에 적용하였으며, Windsor³⁾는 댐군의 상호연계운영을 통한 홍수조절시스템의 최적운영기법으로 Recursive LP를 이용하였으며, Dagli와 Miles⁴⁾는 4개의 저수지에 저수위에 대해서 연간 총수두가 최대가 되도록 하는 LP문제를 목적함수와 제약조건의 비선형함수를 선형화하고, 하천 유출량을 예측하여 실시간 운영을 도모하였으며, 운영기간이 지남에 따라 실제 운영기록에 근거하여 저수지의 여건 등을 보

Corresponding Author : Ki-Bum Park, School of Civil, Urban and Environment Engineering, Yeungnam University, Gyeongsan 712-749, Korea
Phone : +82-11-9596-5032
E-mail : pkb5032@naver.com

정하는 방법을 제시하였다. ReVelle⁵⁾, Loucks⁶⁾ 등은 Markov process 대신에 Chance-constrained Formulation을 이용하여 LP에 적용한 바 있다.

또한 저수지의 운영기준의 변화에 대한 연구로서는 권오익⁷⁾에서 홍수기에 가변제한 수위를 설정하여 홍수시 저수지의 저류효과를 증대시켜 홍수조절 효과의 증대를 연구한 바 있으며, 최창환 등⁸⁾은 가뭄시 용수공급지장에 의한 경제적 파급효과를 분석하였다. 이와 마찬가지로 가뭄시에도 보다 정확한 용수공급능력의 평가를 위해서 평상시와는 다른 저수지의 운영 기준의 변화를 모색할 필요가 있다.

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

2. 기본이론

다목적 댐의 저수지 운영은 이수와 처수를 조화시켜 댐 상·하류의 특성을 충분히 고려하여 운영되어야 한다. 특히, 가뭄의 경우 저수지의 이수목적에 의한 운영이 더욱 절실히 요구되는 상황이며 가뭄기간에도 장·단기적 안정적 용수의 공급과 확보라는 두 가지 조건을 충족 시켜야만 한다. 따라서 가뭄기간의 용수공급능력의 평가에 있어서도 홍수기와 마찬가지로 가뭄기간의 저류량의 상태에 따른 용수공급능력의 해석이 요구된다.

대부분의 댐은 평균적인 유역의 유입량이 유입된다면 댐의 계획된 용수공급을 하는 되는 큰 무리가 없다고 볼 수 있다. 그러나 평균 유입량 보다 적은 유입량이 발생되어 저류량이 평균저류량이하가 되는 가뭄이 발생시에는 용수확보 문제에 있어서 상황에 맞는 효율적인 저수지 용수공급 분석을 통한 대책이 필요하다.

수자원시스템의 최적화란 여러 개의 제약조건(Constraints) 아래에서 목적함수(Objective Functions)를 최적화(극대화 또는 극소화)하는 결정변수(Decision Variables)를 선정하는 것이다. 이와 관련하여 선형계획법은 몇 가지 특성을 가지고 있다.

첫째, 선형계획법의 최적해가 존재한다면 그것은 어느 한 꼭지점이다.

둘째, 가능꼭지점의 수 한정되어 있으며, 어떤 한 가능 꼭지점이 인접해 있는 두 가능 꼭지점보다 목적함수에 비해 낮다면 그 꼭지점은 바로 인접해 있는 다른 어떤 꼭지점보다도 낮다는 것이다.

저수지 운영에 있어 선형계획법은 제약조건식을 범하지 않는 범위 내에서 목적함수를 최대화 혹은 최소화하는 결정변수를 정하는 형태로 이루어진다.

특히 댐운영에 있어서 결정변수는 방류량과 저류량이 된다. 제약조건으로는 저수지의 유입량과 저류조건, 방류조건, 그리고 용수요구량 등으로 이루어질 수 있다.

선형계획법의 일반적인 방법은 Simplex 방법으로 Feasible Extreme Point와 인접한 Feasible Extreme Point에서 목적함수를 비교하여 순차적으로 최적값을 찾아가는 방법이다. 저수지의 운영에 있어서 일반적인 목적함수와 제약조건식은 다음 식(1)~식(10)과 같다.

$$\text{Maximize } \sum_{t=0}^T W_t \quad (1)$$

Subject to :

$$W \leq QS_t + QC_t, \quad t=1, \dots, T \quad (2)$$

$$XS_{t+1} = XS_t + I_t - QS_t, \quad t=1, \dots, T \quad (3)$$

$$XC_{t+1} = XC_t + I_t - QC_t, \quad t=1, \dots, T \quad (4)$$

$$XS_{\min} \leq XS_t \leq XS_{\max}, \quad t=1, \dots, T \quad (5)$$

$$XC_{\min} \leq XC_t \leq XC_{\max}, \quad t=1, \dots, T \quad (6)$$

$$XS_1 = XS_{\text{begin}} \quad (7)$$

$$XS_{t+1} = XS_{\text{end}} \quad (8)$$

$$XC_1 = XC_{\text{begin}} \quad (9)$$

$$XC_{t+1} = XC_{\text{end}} \quad (10)$$

W_t : 용수공급량

T : 조작기간의 수($t=1, \dots, T$)

QS_t : 댐 방류량

W : 댐하류 용수공급량(10^6 m^3)

I_t : 유입량(10^6 m^3)

XS_t : 안동댐의 t 시간의 저류량(10^6 m^3)

XC_t : 임하댐의 t 시간의 저류량(10^6 m^3)

XS_{\min} : 안동댐 하한 제약조건 저류량(10^6 m^3)

XC_{\min} : 임하댐의 하한 제약조건 저류량(10^6 m^3)

XS_{\max} : 안동댐 상한 제약조건 저류량(10^6 m^3)

XC_{\max} : 임하댐의 상한 제약조건 저류량(10^6 m^3)

XS_{begin} : 안동댐 초기 저류량(10^6 m^3)

XC_{begin} : 임하댐 초기 저류량(10^6 m^3)

XS_{end} : 안동댐 조작기간 말의 저류량(10^6 m^3)

XC_{end} : 임하댐 조작기간 말의 저류량(10^6 m^3)

본 연구에서는 댐의 초기저류량과 말기저류량의

계약조건을 가뭄기간을 고려하여 저류량 상태를 설정한 후 최적 용수공급량을 결정하여 가뭄기간에 실제 적용시 저수지의 최적 운영계약 조건의 설정에 다른 용수공급능력을 평가하였다.

3. 자료의 수집과 유역개황

본 연구의 분석대상유역인 안동댐과 임하댐의 기왕의 용수공급능력을 해석한 자료를 조사한 결과, 소양강·안동다목적댐의 사업효과분석 보고서(건설부, 산업기초개발공사, 1986)⁹⁾에 의하면 안동댐의 당초 계획 단계에서의 용수공급능력은 926백만³/년으로 평가하였다. 임하댐의 용수공급능력평가에서 임하다목적댐 공사지(건설부, 한국수자원공사, 1992)¹⁰⁾에 의하면 임하댐의 용수공급능력은 2002년 기준 497백만³/년이며, 하천유지용수 215백만³/년, 농업용수 13백만³/년으로 평가한 바 있다.

또한 낙동강 유역의 1993~1995년 가뭄의 실태로서는 이 기간에는 가뭄빈도가 안동댐 20년 빈도, 임하댐 100년 빈도에 해당하는 심각한 가뭄이 발생하였다. 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 있다¹¹⁾.

1993년에서 1995년의 가뭄기간에 저수지의 상황을 요약하면 다음 Table 3.1과 같다. 강우량과 유입량 저류량의 상황을 살펴보면 안동댐의 경우 예년 대비 77.3%에 해당하며 임하댐은 63.3%, 합천댐은 58.1%에 해당되는 강우가 아주 적은 시기였으며, Fig. 3.3과 Fig. 3.4 에서와 같이 댐 유입량 또한 안동댐은 예년 평균에 비해 60.2%, 임하댐은 28.3%에 해당하는 유입량을 보였다. 저수현황은 안동댐의 경우 저류량이 예년대비 49.7%, 임하댐이 48.7%에 해당되었다.

본 연구에서는 Table 3.2에서와 같이 댐의 제원과 용수공급계획량을 하류 용수요구량으로 하였으며 유입량 자료는 1993~1995년 기간동안 댐 실측 유입량 자료¹²⁾를 사용하였다.

Fig. 3.1과 Fig. 3.2에서와 같이 1993~1995년 현황자료에서 안동댐의 평균 수위는 E.L. 142.39m이며 유입량은 평균 25.46 CMS로 나타났으며, 최대 219.98 CMS이며, 최소값은 2.23 CMS로 나타났다. 임하댐의 평균 수위는 E.L. 145.33m 월평균 유입량은 평균 16.57 CMS로 나타났으며, 최대 175.74 CMS이며, 최소값은 0.85 CMS로 나타났다.

4. 분석 및 결과

본 연구에서 가뭄기간에 저수지 운영에 있어 보다 정확한 용수공급능력을 해석하고 효율적인 용수 확보 방안을 모색하고자 실제 1993~1995년의 가뭄기간동안 최적운영을 모의하였다. 가뭄기간의 용수공급능력평가의 차이를 비교하기 위하여 저수지 운영의 초기조건과 말기 조건들을 가뭄기간의 실제저류량과 상시만수위의 저류량, 평균저류량의 경우에 수를 가정하여 1993~1995년 가뭄과 같은 상황이 발생할 경우 저수지의 운영목표를 재설정하였을 경우 운영결과를 분석하였다.

특히 최적화 기법에서 최적 용수공급량을 결정하고 운영방안을 결정하는데 있어 선형최적화 프로그램인 LINDO¹⁵⁾를 사용하여 용수공급량을 분석하였다. 분석에 있어 제약조건은 다음과 같다.

CASE 1에서는 일반적인 저수지 운영방안으로 초기조건과 말기 저류량 조건을 상시만수위 용량을 사용하였다.

CASE 2에서는 초기조건은 저수위에 해당하는 저수용량에서 시작하여 말기조건은 상시만수위 용량으로 하였다.

CASE 3은 초기조건은 저수지의 평균저류량을 이

Table 3.1. Characteristics for Drought Period

Classifications	Andong dam	Imha dam
Average Precipitation (mm)	1,102	1,003
Precipitation of 1993~1995(mm)	852	636
Rise and Fall(%)	77.3	63.4
Average Inflow (10 ⁶ m ³)	891	792
Average Inflow of 1993~1995 (10 ⁶ m ³)	536	224
Rise and Fall(%)	60.2	28.3
Average Storage	666	314
End of 1994 storage	331	153
Ratio(%)	49.7	48.7

Table 3.2. 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	

※ Dam Facility Management Criterion 1994.12 MOCT, p.498, p.503¹³⁾, Multipurpose Dam Operation Practical Handbook 1998, KOWACO¹⁴⁾

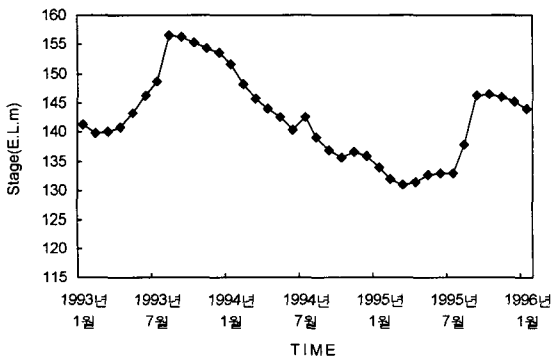


Fig. 3.1. Andong dam stage(1993~1995).

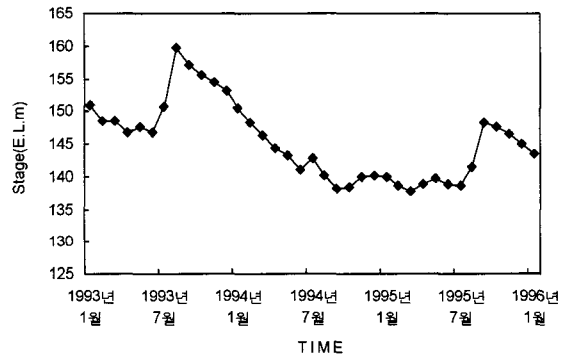


Fig. 3.2. Imha dam stage(1993~1995).

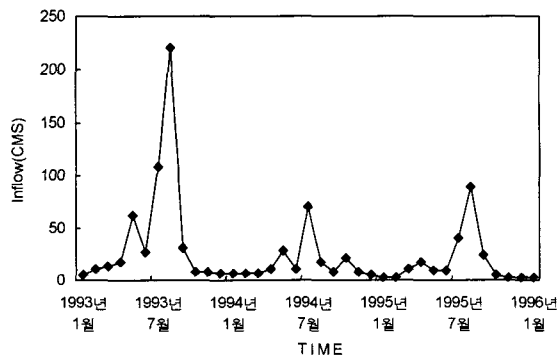


Fig. 3.3. Andong dam Inflow(1993~1995).

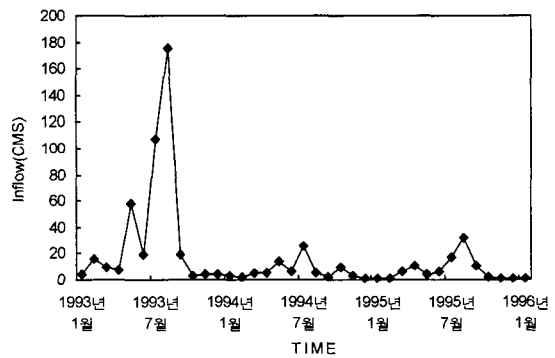


Fig. 3.4. Imha dam Inflow(1993~1995).

용하고 말기조건은 가뭄이 심각했던 1994년 12월 저류량으로 하였다.

CASE 4는 초기조건과 말기조건을 평균저류량으로 하여 운영하였다.

CASE 5는 초기조건을 가뭄이 시작된 1993년 1월 저류량을 사용하였으며, 말기조건은 가뭄이 심각했던 1994년 12월 저류량으로 하였으며 이를 요약하면 Table 4.1과 같다.

가뭄기간의 저수지 운영방안에 관한 연구

안동댐과 임하댐의 CASE 1~CASE 5의 초기조 건과 말기조건의 저류량을 보면 Table 4.2와 같다.

CASE 별로 안동댐과 임하댐을 최적 운영한 결과 안동댐은 CASE 3 > CASE 4 > CASE 5 > CASE 1 > CASE 2로 분석되었다.

Table 4.3에 나타난 바와 같이 분석한 결과에 의 하면 CASE 3의 1993~1995년의 가뭄기간에도 안동 댐의 경우는 901.44백만 톤/년으로서 안동댐의 계획 용수공급량 926백만 톤/년에 97.3%를 공급할 수 있 는 것으로 분석되었다. CASE 4는 가뭄기간에도 계

Table 4.1. Operation condition

	Initial condition	End condition
CASE 1	Conservation storage	Conservation storage
CASE 2	Buffer storage	Conservation storage
CASE 3	Average storage	Storage of 1994.12
CASE 4	Average storage	Average storage
CASE 5	Storage of 1993.1	Storage of 1994.12

Table 4.2. Operation condition

(unit : 10⁶m³)

	Andong dam		Imha dam	
	Initial condition	End condition	Initial condition	End condition
CASE 1	1,224	1,224	548	548
CASE 2	237	1,224	124	548
CASE 3	666	392	314	153
CASE 4	666	666	314	314
CASE 5	532	392	385	153

Table 4.3. Result of Andong dam and Imha dam Water Supply Case by Case

(unit : 10⁶m³)

Water supply	Andong dam		Imha dam	
	Monthly	Yearly	Monthly	Yearly
CASE 1	50.53	606.36	21.68	260.16
CASE 2	15.45	185.40	10.86	130.32
CASE 3	75.12	901.44	36.31	435.72
CASE 4	67.51	810.12	30.34	364.20
CASE 5	71.40	856.80	36.31	435.72

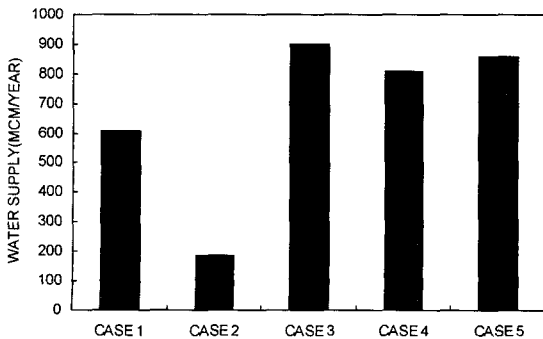


Fig. 4.1. Andong dam water supply comparison.

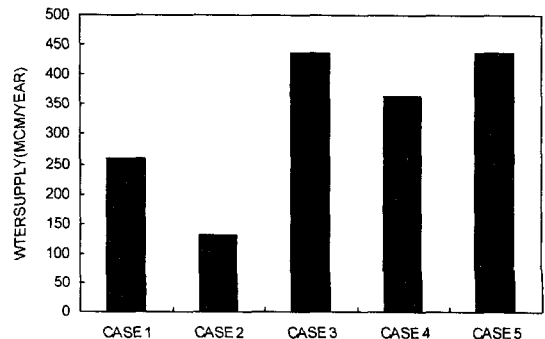


Fig. 4.2. Imha dam water supply comparison.

속적인 용수의 확보방안으로 평균저류량을 목표로 유지하는 것으로 한 경우로서 이때에는 용수공급량이 810.12백만 톤/년으로 87.5%정도를 공급이 가능한 것으로 분석되었다. 임하댐은 CASE 3 = CASE 5 > CASE 4 > CASE 1 > CASE 2로 분석되었다. 분석한 결과에 의하면 CASE 3과 CASE 5의 경우에 1993~1995년의 가뭄기간에도 임하댐의 경우는 435.72백만 톤/년으로서 임하댐의 계획 용수공급량 592백만 톤/년에 73.6%를 공급할 수 있는 것으로 분석되었으며, CASE 4인 경우에 435.72백만 톤/년으로 공급계획의 61.5%정도를 공급할 수 있는 것으로 분석되었다. Fig. 4.1과 Fig. 4.2는 안동댐과 임하댐의 CASE별 용수공급량을 비교하였으며 Fig. 4.3과 Fig. 4.4는 CASE 별 저류량의 변화를 나타내었다.

Table 4.4에 나타난 바와 같이 안동댐의 평균저류량은 CASE 1~CASE 5를 살펴보면 각각 1,154.59

백만 톤, 668.36백만 톤, 748.11백만 톤, 885.11백만 톤, 681.09 백만 톤으로 분석되었다. 이는 안동댐의 평균 저류량 666백만 톤의 각각 173%, 100%, 112%, 133%, 102%에 해당하는 용량이다. Table 4.5에 나타난 바와 같이 임하댐의 평균저류량은 CASE 1~CASE 5를 살펴보면 각각 486.88백만 톤, 355.34백만 톤, 334.06백만 톤, 393.53백만 톤, 335.99백만 톤으로 분석되었다. 이는 임하댐의 평균 저류량 314백만 톤의 각각 155%, 113%, 106%, 125%, 107%에 해당하는 용량이다. Fig. 4.5와 Fig. 4.6은 안동댐과 임하댐의 저류량 통계치를 비교하였다.

안동댐과 임하댐의 CASE별 최적 분석결과 저수용량의 통계특성들을 살펴보면 안동댐의 경우 저류량은 CASE 1의 경우가 큰 값을 나타내고 있으며 CASE 2의 경우가 가장 작은 값을 나타냈으며 표준편차는 CASE 4의 경우가 가장 작게 나타났다. 임

Table 4.4. Results of Andong dam Storage characteristics

(unit : 10⁶m³)

Water supply	Initial condition	End condition	Mean	Max	Min	Std
CASE 1	1,224	1,224	1,154.59	1,443.00	531.31	275.14
CASE 2	237	1,224	668.36	1,241.00	237.00	323.78
CASE 3	666	392	748.11	1,274.92	392.00	255.29
CASE 4	666	666	885.11	1,343.42	516.62	236.29
CASE 5	532	392	681.09	1,174.42	367.06	243.06

Table 4.5. Results of Imha dam Storage characteristics

(unit : 10⁶m³)

Water supply	Initial condition	End condition	Mean	Max	Min	Std
CASE 1	548	548	486.88	633.00	124.00	177.17
CASE 2	124	548	355.34	566.32	124.00	141.11
CASE 3	314	153	334.06	633.00	124.00	160.18
CASE 4	314	314	393.53	633.00	124.00	154.16
CASE 5	385	153	335.99	633.00	124.00	160.36

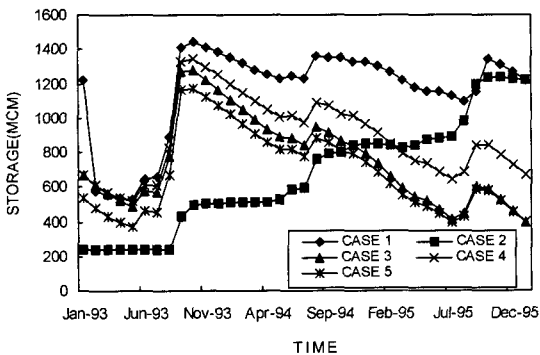


Fig. 4.3. Andong dam storage.

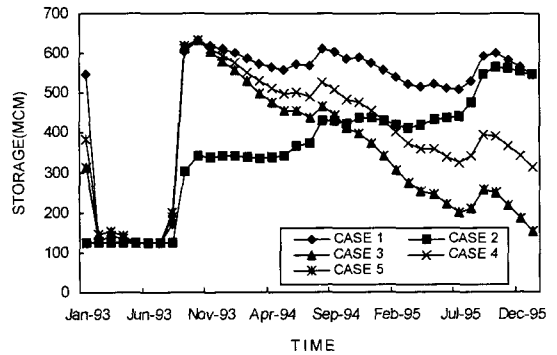


Fig. 4.4. Imha dam storage.

가뭄기간의 저수지 운영방안에 관한 연구

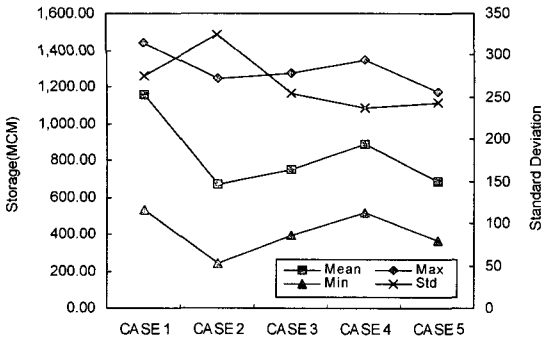


Fig. 4.5. Andong dam storage characteristics.

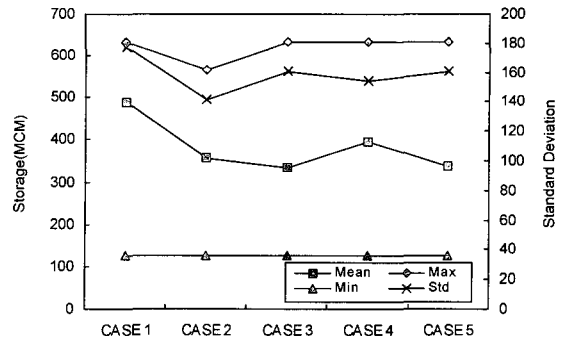


Fig. 4.6. Imha dam storage characteristics.

하댐의 경우 CASE 1의 경우가 큰 값을 나타내고 있으며 CASE 5의 경우가 가장 작은 값을 나타냈으며 표준편차는 CASE 2의 경우가 가장 작게 나타났다.

본 연구에서 가뭄기간의 용수공급을 분석한 결과 1993~1995년의 가뭄 발생시 안동댐의 운영에서 정상적 저수지 운영의 방안인 CASE 1의 경우에는 용수공급이 606.36백만 톤/년으로 65.5%정도의 양을 공급이 가능한 것으로 나타났다. 따라서 안동댐의 가뭄기간의 저수지운영 제약조건을 초기수위는 CASE 3~CASE 5에서와 같이 초기수위를 안동댐의 평균 저류량으로 시작하여 말기 저류량을 평균 수위에서 1994년의 말기 저류량의 범위이상으로 제약조건을 설정할 경우 계획 공급량의 97~87%를 공급이 가능한 것으로 분석되었다.

임하댐의 운영에서 정상적 저수지 운영의 방안인 CASE 1의 경우에는 용수공급이 260.16백만 톤/년으로 52.3%정도의 양을 공급이 가능하여 용수부족이 심각한 것으로 나타났다. 따라서 임하댐의 가뭄기간의 저수지운영 제약조건을 초기수위는 CASE 3~CASE 5에서와 같이 초기수위를 임하댐의 평균 저류량으로 시작하여 말기 저류량을 평균 수위에서 1994년의 말기 저류량의 범위이상으로 제약조건을 설정할 경우 87.7~73.3%정도 용수공급이 가능한 것으로 분석되었다.

5. 결 론

본 연구에서 가뭄발생시 저수지의 운영제약조건 설정에 따른 최적 용수공급해석을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

가뭄 발생 시 저수지의 저류량은 평상 분석기준과는 다른 기준으로 즉, 평균저류량 기준 혹은 1994년말의 저류량을 기준으로 용수공급을 할 경우 약 97%~61%정도의 용수공급이 가능한 것으로 분석되었다.

저수지의 운영에서 초기 저류량의 조건은 저수

지의 평균 저류량을 기준으로 하고 말기 저류량은 1994년 가뭄시의 저류량을 제약조건으로 하였을 경우 용수공급 능력을 최적화 할 경우 안동댐의 경우 97.3%, 임하댐의 경우 87.7%를 공급 할 수 있는 것으로 분석되었다.

또한 장기적인 수자원의 확보개념에 따른 저류량의 확보와 용수공급에 중점을 둘 경우에는 CASE 4의 경우인 초기조건과 말기 조건을 평균 저류량으로 할 경우에 안동댐은 용수공급가능율이 87.5%, 임하댐이 73.3%로의 용수공급이 가능한 것으로 분석되었으며, 임하댐의 경우 용수공급량의 공급가능율이 낮은 것은 임하댐의 유입량이 현저히 감소되었기 때문인 것으로 판단된다. 평균저수용량과 저수용량의 표준편차를 비교할 경우 연속적인 가뭄에 대비하여 안정적인 저수용량의 확보차원과 가뭄기간의 용수부족을 최소화 할 수 있을 것으로 판단된다.

따라서 가뭄기간에는 충분한 양의 용수공급이 불가능하나 저수지의 운영기준의 설정의 변화를 줌으로써 상시만수위를 기준으로 하던 저수지 해석방법보다는 효율적인 것으로 판단되며, 가뭄 기간의 저수용량의 최적활용에 따른 최적운영기준에 대한 연구와 대체 용수원의 확보방안에 대한 연구가 계속 필요할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 1) Dortman, R., 1962, Mathematical Models: The Multi-Structure Approach, in Design of Water Resources System, Edited by A. Miass, Harvard Univ. Press, 8-32pp.
- 2) Manne, A. S., 1960, Linear Programming and Sequential Decision, Management Science, 6(3), 259-267.
- 3) Windsor, J. S., 1973, Optimization Model for the Operation of Flood Control System, Water Resources Research, 9(5), 3459-3465.

- 4) C. H. Dagli, J. F. Miles, 1980, Determining Operating Policies for a Water Resources System, *Journal of Hydrology*, 47(4), 297-306.
- 5) ReVelle, C. S., E. Joeres and W. Kirby, 1969, The Linear Decision Rule in Reservoir Management and Design, *Development of the Stochastic Model*, *Water Resources Research*, 5(4), 197-203.
- 6) Loucks, D. P., J. R. Stedinger and D. A. Haith, 1981, *Water Resources Systems Planning and Analysis*, Prentice-Hall, 320-377pp.
- 7) 권오익, 1997, 가변제한수위와 저수지 홍수변환법에 의한 홍수기중 저수지 운영, 인하대학교 공학박사논문, 38-53pp.
- 8) 최창환, 허은녕, 심명필, 2000, 가뭄시 용수공급지장으로 인한 경제적 파급효과 분석, *한국수자원학회논문집*, 3(5), 647-658.
- 9) 건설부, 1986, 산업기지개발공사, 소양강·안동다목적댐 사업효과분석 보고서.
- 10) 한국수자원공사, 1992, 임하다목적댐 공사지.
- 11) 고석구, 1997, 낙동강수계의 가뭄실태와 수자원 개발방향, *한국수자원학회지*, 30(2), 7-10.
- 12) 수자원종합관리정보, <http://wamis.kowaco.or.kr/>.
- 13) 건설부, 1994, 댐시설관리기준.
- 14) 한국수자원공사, 1998, 다목적댐 운영실무편람.
- 15) Shrage, L., 1986, *Linear, Interger and Quadratic Programming with LINDO*, 3rd edition. 1-47pp.