

## 소규모 댐의 효과적 운영을 위한 저수관리 기법 개발

### Development of Storage Management Method for Effective Operation of Small Dams

김 필 식\* · 김 선 주\*\*

Kim, Phil Shik · Kim, Sun Joo

#### Abstract

Large dams are managed with operation standard and flood forecasting systems, while small dams do not have management method generally. Shortage of water resources and natural disasters due to drought and flood raised public concerns for management of small dams. Most of small dams are irrigation dams, which need diversified water uses. However, the lack of systematic management of small dams have caused serious water wastage and increased natural disasters.

Storage management method and system were developed to solve these problems in small dams. The system was applied to Seongju dam for effective management. The storage management method was established considering hydrology simulation and statistical analysis using the system.

This method can bring additional available water, even in the same conditions of the water demand and the supply conditions of watershed. It can improve the flood control capacity and water utilization efficiency by the flexible operation of storage space.

*Keywords : Small irrigation dam, Storage management method, Periodical storage level management, Flood control capacity*

#### I. 서 론

국내의 수문 조작이 가능한 댐 중 약 92%가 소규모 댐으로 홍수조절능력이 없고, 대규모 댐 관리와 같은 운영 기준이 정립되어 있지 않은 현실이

다. 따라서 이상기후에 따른 가뭄과 홍수피해가 빈번히 발생하고 있는 반면 정주권의 변화와 농촌용수의 다양화로 피해 규모도 증가하고 있다. 이처럼 소규모 댐은 수적으로나 수자원의 확보 면에서 중요한 용수원이나 소규모 댐 관리를 위한 연구가 미흡한 현실이다.

국내의 대표적 대규모 댐은 유역 연간 강우량의 약 80%를 저수하여 강수의 계절적 편중뿐만 아니라 연도별 강수량 변화에 대응할 수 있을 정도로 물이용 효율은 대단히 높다(KOWACO, 1994). 그

\* 건국대학교 생명환경과학대학 Post Doc.

\*\* 건국대학교 생명환경과학대학

\*\* Corresponding author. Tel.: +82-2-450-3753

Fax: +82-2-444-0223

E-mail address: sunjoo@konkuk.ac.kr

러나 대표적 관개용 댐인 동화댐, 대아댐, 성주댐, 경천댐, 하사댐 등은 연간 강우량의 30%를 저수하여 강수의 계절적 편중을 극복할 수 없어 상대적으로 물이용 효율이 매우 낮은 실정이다(KARICO, 2002). 특히, 관개용 댐들이 다목적 농촌용수의 활용으로 전환되면서 많은 저수량을 확보할 수 있을 정도로 규모가 증가하고 있으나, 방류능력의 증대나 운영기준이 없어 물이용 효율이 저조하다.

일반적인 국내의 댐관리는 홍수기의 이수와 치수 관계를 조정하는 방법으로 제한수위 방식과 예비방류 방식으로 일정용량을 확보하는 방식이다(KICT, 1996). 외국의 경우 준공되어 운영 중인 기존 저수지의 한정된 저수 공간의 재할당에 대한 많은 연구가 수행된 바 있다(Comiskey etc, 1986; Johnson etc, 1990; Feldman, 1992). Wurbs 와 Cabezas (1987)는 Texas의 기존 저수지들의 이수와 치수 목적을 고려한 저수용량의 재할당 문제에 관하여 검토하였다. 국내의 경우 홍수의 발생 빈도나 규모에 따라 단기간별로 제한수위를 달리한 가변제한수위방식이 검토된 바 있다(Lee etc, 1992; Shim etc, 1995). 김필식과 김선주(2005)는 저수관리시스템을 개발하여 소규모댐의 관리를 위해 장·단기 유출 및 물수지 분석을 실시하여 적용성을 입증한 바 있다. 그러나 국내 소규모 댐의 경우 이상강우

에 대비한 방류 및 홍수조절 능력이 부족하고 현장 경험에 의한 관리가 주로 이루어짐으로 해마다 홍수 피해가 발생하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 저수관리시스템을 이용하여 소규모 댐 중 가장 많은 비중을 차지하는 관개용 댐을 대상으로 적용을 실시하였다. 효율적 저수관리를 위해 수문모의와 통계적 기법을 통해 기간별 관리수위를 정립하고, 저수공간의 탄력적 운영과 무효방류량의 최소화를 위한 저수관리기법을 연구하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 대상지구

저수관리시스템의 적용은 물관리자동화시스템이 설치되어 있는 성주 유역을 대상으로 가뭄과 태풍 피해가 발생한 1998년부터 2002년까지의 자료를 사용하였다. 성주댐은 경상북도 성주군 가천면 중삼리에 위치하며 저수지로 유입되는 유역의 면적은 14,960 ha이며 유역의 지형은 가파른 산지가 대부분이다(Fig. 1). 관개면적은 3,160 ha이며 관개면적에 대한 유역면적 비는 약 5배이다.

성주댐의 저수조건 및 제원은 Table 1과 같다.

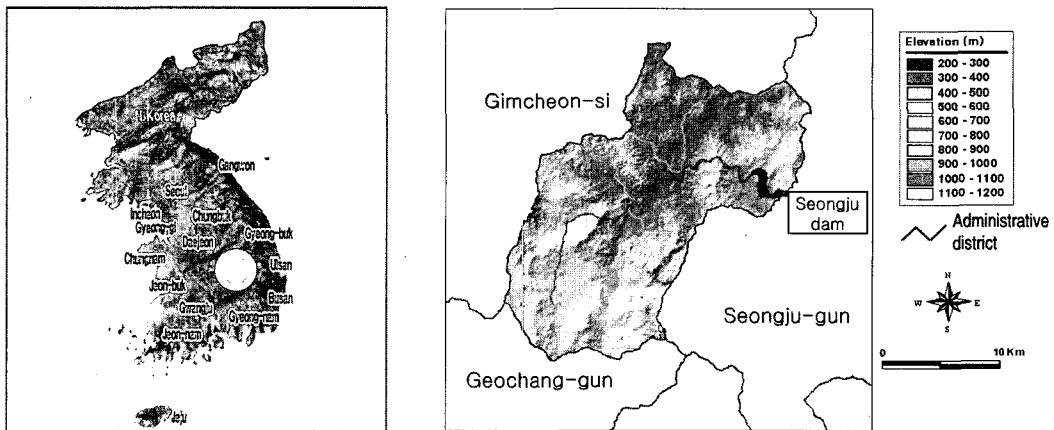


Fig. 1 Study area

Table 2는 성주댐의 강수량과 유출량은 나타내고 있다. 강수량 및 기타 수문 자료는 정확성이 높은 대기기상대의 자료를 사용하였으며, 유출량, 저수위, 방류량은 성주댐의 자료를 사용하였다. 성주댐의 계획 방류량은 8.09 m<sup>3</sup>/s이며, 이중 농업용수가 7.45 m<sup>3</sup>/s, 생활용수 0.1 m<sup>3</sup>/s, 하류 하천의 유지용수는 0.54 m<sup>3</sup>/s로 설계되어 있다. 방류량은 설계기준에 맞도록 일정하게 실시되며 용수는 취수탑을 통하여 발전용수로 활용된 후 각 용도로 사용된다.

## 2. 저수관리시스템의 구성

저수관리시스템은 Fig. 2의 모형의 구조와 같이 수문분석 및 저수관리 자료를 Database로 관리하고, 각 모듈이 사용할 수 있도록 구성되어 있다. 저수관리시스템은 유역 물수지 모듈, 홍수기 저수관리 모듈과 평수기 저수관리 모듈로 구성되어 있다. 유역 물수지 모듈은 유역의 용수수급현황의 분석이 가능하다. 평수기 저수관리 모듈은 유입량과 수요

Table 1 Storage condition of Seongju dam

Catchment Basin area (10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> )	Irrigation area (10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> )	Storage (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	Full supply area (10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> )		Full supply level (EL.m)		Dead storage level (EL.m)
			Summer	Winter	Summer	Winter	
149,600	31,600	38,240	1,830	2,050	184.7	187.9	162.0

Table 2 Precipitation and observed runoff in Seongju dam

Year	1998	1999	2000	2001	2002
Precipitation (mm)	1,281	1,377	1,087	878	1,341
Total runoff (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	113,695	115,934	89,807	67,092	139,447

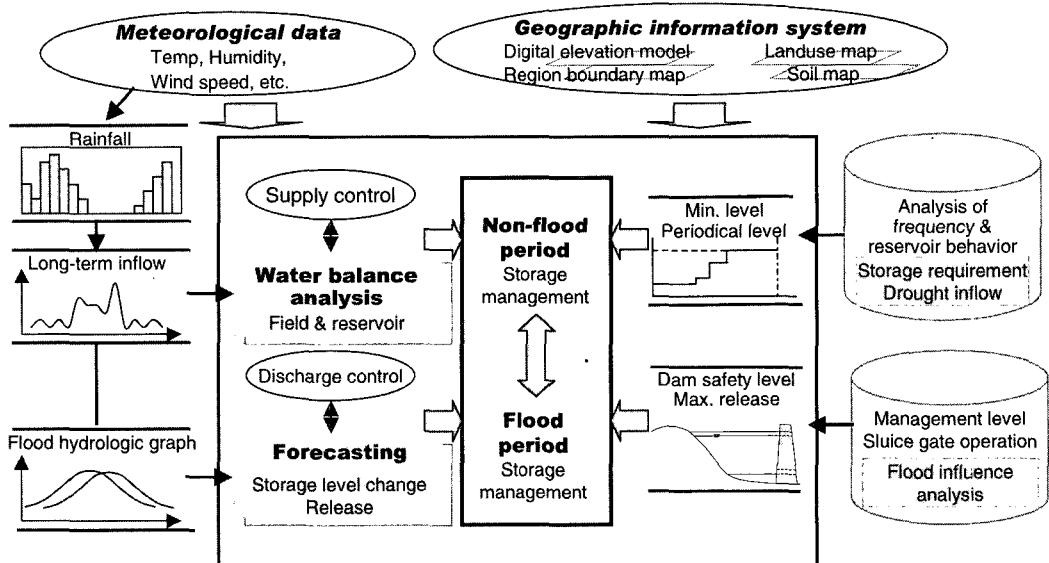


Fig. 2 Structure of the Model

량을 분석하여 용수공급량을 조절하며 저수위 변화를 예측할 수 있도록 하였다. 홍수기 저수관리 모듈은 홍수유입량, 저수위와 방류량을 모의할 수 있으며 수문조작 기법의 선택에 따라 저수위와 방류량 변화를 예측할 수 있도록 하였다.

### 3. 저수관리시스템

유역물수지 모듈의 장기 유출량은 Milutin과 Bogardi(1996)의 유전자 알고리즘을 사용하여 수정 TANK 모형을 최적화한 후 사용하였다(Kim, 2004). 평야부의 필요수량은 각 생육기간별로 산정하였으며, 증발산량산정은 FAO 수정 Penman식을 이용하였다.

평수기 저수관리 모듈은 유입량 예측과 저수관리로 구성되어 있으며 유역물수지를 모의하고, 저수관리를 위해 용수 이용 현황에 따른 저수위 변화를 확인할 수 있도록 구성하여 유입량을 가뭄 정도에 따라 예측하고, 각 필요수량과 급수수준을 고려하여 용수 공급이 가능하도록 하였다.

홍수기 저수관리 모듈은 저류함수모형을 사용하여 홍수유출량을 예측하였으며, 홍수유출량과 방류량을 고려하여 댐 상·하류의 홍수영향 분석이 가능하도록 하여 홍수기 저수관리를 위해 수문조작 기법을 적용할 수 있도록 하였다.

### 4. 저수관리 기간 결정

소규모 댐 중 일정한 기간에 용수 공급을 하는 관개용 댐을 대상으로 저수관리 기간을 결정하고

저수관리 기법을 연구하였다. 댐의 특성상 관개기의 용수 확보와 홍수기의 재해 관리라는 이중적 목적 때문에 재난의 요소가 많이 존재한다. 따라서 용수 이용효율의 증대를 위해 관개용수 확보에 영향을 주지 않으며, 홍수기를 대비할 수 있도록 기간별 관리수위를 선정하였다.

관개용 댐의 특성상 홍수기말 동계만수위(또는 상시만수위)를 확보하기 위한 저류로 태풍에 의한 피해가 빈번히 발생하고 홍수기전 관개용수 확보를 위해 만수위를 유지하므로 홍수조절을 위한 저수공간이 부족하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 소규모댐의 관리수위인 하계만수위와 동계만수위를 기준으로 Table 3과 같이 일년을 4개의 기간으로 구분하였다(Kim, 2005). 관리기준은 동계만수위는 홍수기말이 아닌 관개기전 확보하여 홍수조절능력을 향상하도록 하고, 홍수기전 저수량의 사용을 증대하므로 무효방류량을 최소화하고, 홍수기 피해를 최소화 하도록 하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 기간별 저수관리기법

관개용 댐의 주목적에 따라 first period는 관개용수 확보 기간으로 후반에 동계만수위 유지를 기본으로 하였으며, 이 수위를 first period 관리수위로 하였다.

Second period 관리수위는 third period 관리수위를 확보할 수 있는 수위로 하였으며, 이 수위는 홍수기를 대비한 수위이다. Second period는 관개

Table 3 Periodical management of irrigation dam (Kim, 2005)

Class	1 <sup>st</sup> Period	2 <sup>nd</sup> Period	3 <sup>rd</sup> Period	4 <sup>th</sup> Period
Period	1/1~3/31	4/1~6/20	6/21~9/31	10/1~12/31
Operation standard	Insurance period of a full water level in winter	Preparation period of the irrigation and flood	Period of the irrigation and flood	Insurance period for a full water level in winter and power generation

용수와 기타용수를 최대한 활용하는 기간으로 4개의 기간 중 가장 높은 수위에서 시작하여 가장 낮은 수위로 끝나게 된다.

Third period부터 10년 빈도 최소 유입량을 기준으로 용수수요량을 공급하였을 때 다음해 first period 관리 수위를 확보할 수 있는 수위를 third period 관리수위로 결정하였다. Third period 관리수위는 저수관리 모형의 연속모의를 통하여 산정하였으므로 third period 관리수위를 유지하면 정상적인 관개용수 확보가 가능하게 된다. 그리고 third period는 홍수기로 관리수위를 확보하는데 어려움이 없는 것으로 분석되었다.

저수위 거동분석결과와 10년 빈도 필요저수량을 사용하여 전년에 대해 최소 확보하여야 하는 최소 수위를 산정하였다(Kim, 2005). 따라서 최소수위를 관리수위의 하한경계로 유지하면 용수공급에 문

제는 없는 것으로 분석되었다. 이상의 저수관리기법은 Fig. 3의 절차에 의해 이루어졌다.

이상의 결과를 토대로 기간별 관리수위에 따라 용수공급에 영향을 주지 않으며, 홍수기를 대비할 수 있는 관리수위는 Fig. 4와 같이 결정되었다.

최소수위는 성주댐의 10년 빈도 필요저수량  $13.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ 에 안전율을 고려하여 사수량  $3.7 \times 10^6 \text{ m}^3$ 을 포함한  $17.3 \times 10^6 \text{ m}^3$ 로 결정하였고 EL. 175 m에 해당한다.

First period 관리수위는 성주댐의 동계만수위 EL. 187.9 m로 결정되었고, third period 관리수위는 하계만수위 EL. 184.7 m 보다 낮은 EL. 183.4 m로 이 수위를 유지하면 first period의 관리수위를 확보하는데 문제가 없는 것으로 분석되었다.

Second period 후반 관리수위를 EL 180.7 m로 유지하면 10년 빈도의 최소유입량이 나타나도

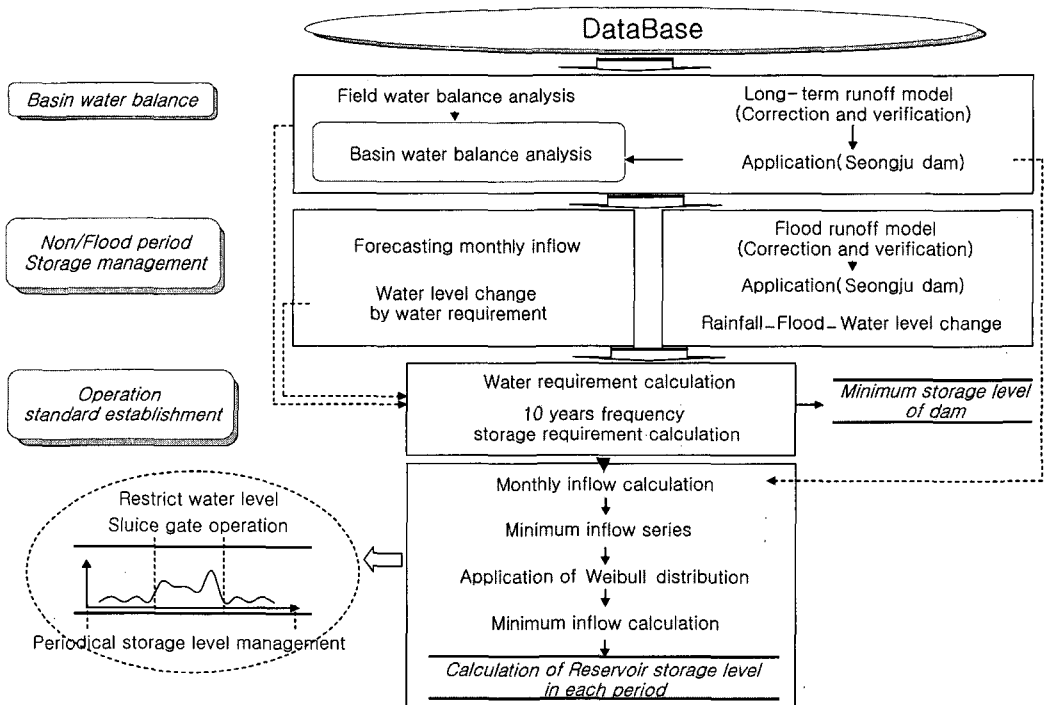


Fig. 3 Application of the model and establishment process of management method

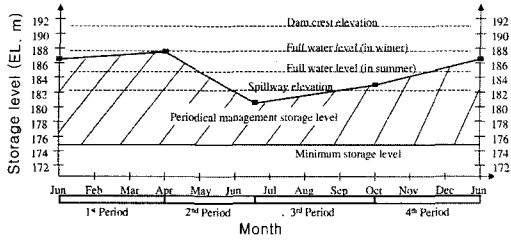


Fig. 4 Periodical storage level management

third period에 EL 183.4 m를 확보할 수 있었다. Third period는 홍수기로 관리수위 EL 183.4 m 이상의 수위가 발생할 경우에는 용수 확보보다는 홍수기 관리를 위해 방류를 실시하는 것이 효과적인 것으로 나타났다. Forth period 시작에 EL 183.4 m를 유지하면 용수공급을 정상적으로 하여도 관개기 시작인 second period에 동계만수위 EL 187.9 m를 확보할 수 있는 것으로 나타났다.

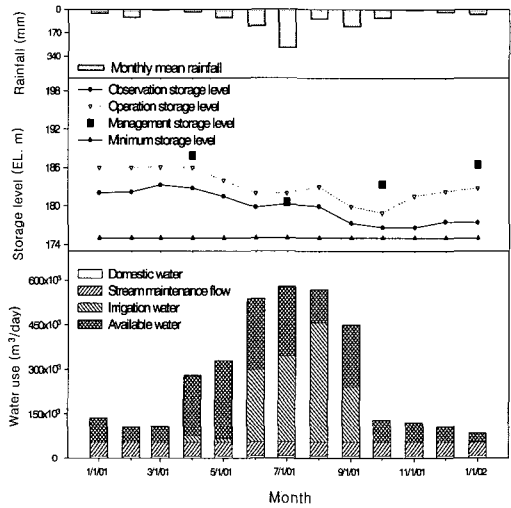
성주댐과 같이 운영 기준이 없는 경우 관개용수의 확보에 치중하여 저수위를 관리하는 경우가 많다. 그러므로 무효방류량이 증가하고 홍수피해가 빈번히 발생하고 있다. 따라서 본 연구 절차와 같이 소규모 댐의 유출량과 용수수요량의 분석이 이루어진 후 댐의 목적에 적합하게 저수관리기법을 결정한다면 용수 이용효율을 높일 수 있다고 판단된다.

## 2. 저수관리기법 적용

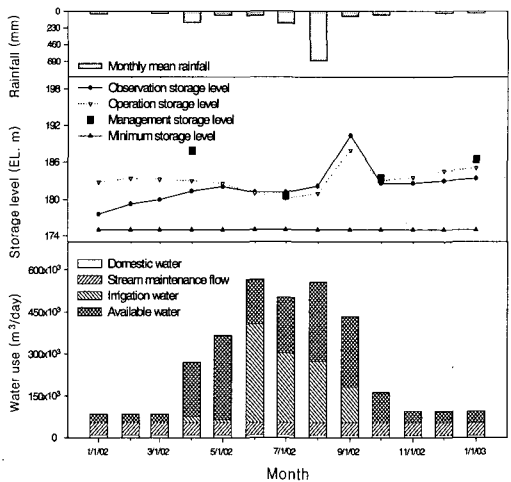
성주댐의 실측자료가 취득된 1998~2002년에 대하여 저수관리를 실시하였다. 저수관리는 실측 방류량에 추가공급을 실시하여 관리수위에 근접하도록 하였다. 추가공급은 현장에서 방류가 가능한 취수탑 최대 방류량 8.09 m<sup>3</sup>/s를 초과하지 않도록 하였으며, 현장 조건상 일단위로 방류량을 조절하는 것은 비현실적이므로 일단위로 추가 방류량을 결정하였다. 추가 방류량은 현장에서 직접 사용가능한 수량으로 정의하였다.

성주댐의 5년 동안의 실측 저수위 현황 분석 결과 forth period에는 과도하게 용수를 확보하고,

관개기 전인 first period에는 용수의 사용이 많은 것으로 나타나 관개기 시작인 second period에 저수위 확보가 이루어지지 않고 있으며, 홍수기 대비를 위한 third period에 다소 많은 저수량을 확보하고 있다. 따라서 2001년의 가뭄에는 저수위의 급격한 저하가 발생하였으며, 2002년에는 태풍 피해가 더욱 심하게 발생하였다고 판단된다.



(a) Dam operation in 2001



(b) Dam operation in 2002

Fig. 5 Result of Dam operation by periodical storage level management

Fig. 5는 기간별 관리수위를 기준으로 적용한 2001, 2002년의 결과이다.

1998년부터 2002년 까지 적용 결과 관개기 시작인 second period의 조작수위는 187.4, 187.4, 185.7, 186, 183(EL.m)로 2002년을 제외하고 관리수위인 EL. 187.9 m 근접한 결과가 나타났고, 2002년은 2001년의 극심한 가뭄의 영향으로 저수위 확보에 어려움이 있는 것으로 분석되었다. 홍수기 시작인 third period 조작수위는 1998년부터 각각 181, 181.1, 181, 181.3, 180(EL.m)로 관리수위 EL. 180.6 m와 비슷하게 나타났다. 전체적 댐 운영 결과 조작수위가 2001년 forth period와 2002년에 관리수위 이하로 나타났으나 용수공급에

는 문제가 나타나지 않는 것으로 분석 되었다.

Fig. 5(b)의 조작수위와 실측수위를 비교한 결과 조작수위가 실측수위보다 위에 있을 경우는 first, second period로 관개용수를 확보하기 위한 기간 이고, 아래에 있을 경우는 third period로 홍수조절능력을 위해 저수공간을 확보하는 기간이다. 조작수위는 second period와 third period사이에서 약 5 m의 저수위를 사용하나, 실측수위는 약 2.3 m의 수위만을 사용하고 있다. 따라서 용수의 수요와 공급에 대한 신뢰성 있는 예측이 이루어진다면 그만큼 저수공간의 탄력적 운영이 가능하다고 판단 된다.

Table 4 에서 사용가능수량과 용수수요량의 증

Table 4 The result of dam operation by a periodical storage level management

Period (1998-2002)	Water use			Water level (EL.m)			
	Water demand (1,000 m <sup>3</sup> )	Available water (1,000 m <sup>3</sup> )	Extra water (1,000 m <sup>3</sup> )	Ineffective release	Obs. water level	Operated water level	Management water level
1998 1 <sup>st</sup> period	4,991	4,050	-	4,631	185.7	185.7	186.5
2 <sup>nd</sup> period	14,561	22,380	-	13,475	185.8	187.4	187.9
3 <sup>rd</sup> period	24,925	18,480	6,505	1,659	182.2	181.0	180.6
4 <sup>th</sup> period	4,991	8,490	-	19,292	183.4	184.0	183.4
1999 1 <sup>st</sup> period	4,991	4,770	-	17,375	183.7	186.6	186.5
2 <sup>nd</sup> period	16,074	20,070	-	9,165	186.6	187.4	187.9
3 <sup>rd</sup> period	18,666	18,900	11,822	75	183.9	181.1	180.6
4 <sup>th</sup> period	4,991	12,480	-	25,095	184.1	184.5	183.4
2000 1 <sup>st</sup> period	4,991	4,140	-	27,804	182.7	186.7	186.5
2 <sup>nd</sup> period	16,074	20,250	-	27,408	180.3	185.7	187.9
3 <sup>rd</sup> period	18,666	25,740	5,088	-	178.7	181.0	180.6
4 <sup>th</sup> period	4,991	7,500	-	23,611	183.8	184.0	183.4
2001 1 <sup>st</sup> period	4,991	5,460	-	17,299	182.1	186.0	186.5
2 <sup>nd</sup> period	13,364	21,030	-	23,030	182.8	186.0	187.9
3 <sup>rd</sup> period	31,369	16,539	-	26,274	178.9	181.3	180.6
4 <sup>th</sup> period	4,991	5,670	-	19,370	176.7	179.0	183.4
2002 1 <sup>st</sup> period	4,991	2,700	-	22,064	177.5	182.8	186.5
2 <sup>nd</sup> period	16,481	19,500	14,160	8,506	181.4	183.0	187.9
3 <sup>rd</sup> period	22,747	21,900	21,389	-	182.0	180.0	180.6
4 <sup>th</sup> period	4,991	5,610	-	5,399	182.6	183.0	183.4

가을을 분석한 결과 forth period는 현재 용수수요량에 대해 평균 1.59배 정도의 추가 사용이 가능하였다. 다음으로는 second period에 1.38배의 추가 사용이 가능한 것으로 나타났다. 따라서 연평균 용수수요량  $49.3 \times 10^6 \text{ m}^3$ 에 대해  $53.1 \times 10^6 \text{ m}^3$ 의 사용가능수량이 발생하였다.

여유수량은 대부분 third period에 발생하였고 조작수위의 경우 홍수기 대비를 위해 저수위를 낮추어 저수공간을 확보하였으나, 실제 댐 관리에서는 이러한 관리가 이루어지지 않아 조작수위보다 높은 저수위를 유지하는 것으로 나타났다.

무효방류량은 2000에 용수수요량 이상의 수량이 방류되어  $78.8 \times 10^6 \text{ m}^3$ , 2001년은 조작수위보다 일정하게 낮은 수위를 유지하며  $85.9 \times 10^6 \text{ m}^3$ 으로 가장 크게 나타났다. 기간별로는 third, forth period에 많이 발생하는 것으로 나타났다. 이는 홍수가 발생한 후 방류를 실시하여 급격히 수위를 낮추어 무효방류가 많이 발생한 것으로 판단된다. 이러한 저수위의 저하는 다음해 관개기 까지 영향을 미쳐 관개용수 확보에 어려움이 발생하는 것으로 나타났다.

#### IV. 결 론

본 연구에서는 소규모 댐 중 가장 많은 비중을 차지하는 관개용 댐을 대상으로 저수관리시스템을 개발하고 저수관리기법을 정립하므로 용수 이용효율 증대와 홍수조절능력 향상에 대한 연구를 수행하였다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 소규모 댐의 저수관리기법은 관개용수확보와 홍수관리의 효율성을 고려하여 일년을 4개의 기간으로 구분하여 각 운영기준을 정립하였으며, 연중 확보하여야 하는 최소수위는 저수지 거동분석을 통해 결정하였다. 각 수위는 최소유입량과 용수수요량의 빈도분석 결과로 저수관리 모형을 연속모의하여 결정하였다.

2. 1998~2002년 동안 기간별 관리수위를 적용

한 결과 관개용수 확보를 위한 first period 조작수위가 실측수위보다 높고, 홍수기 대비를 위한 second period 낮게 나타났다. 실측수위의 경우 약 2.3 m의 저수공간을 사용하였으나 조작수위는 약 5 m의 저수공간을 사용하여 관리수위로 운영을 실시한다면 홍수조절능력이 부족한 소규모 댐에서 관개용수와 홍수조절용량의 확보가 가능하다고 판단된다.

3. 기간별 관리수위 적용 결과 연평균 용수수요량  $49.3 \times 10^6 \text{ m}^3$ 에 대해  $53.1 \times 10^6 \text{ m}^3$ 의 사용가능수량이 발생하였다. Forth period에는 실측 용수수요량에 대해 평균 약 1.59배, second period에 약 1.38배의 추가 사용가능수량이 발생하였다.

4. 관개용 댐으로 대표적인 성주댐을 기준으로 저수지 운영을 연구한 결과 forth period에 과도하게 용수를 확보하고, first period에는 용수의 사용이 많은 것으로 나타났다. 용수 확보시기를 관개기 전인 first period으로 늦춘다면 뒤늦은 태풍에 의한 피해의 최소화와 효율적인 관개용수 사용이 가능하다고 판단된다.

본 연구는 진행 중이며 앞으로 연구 대상지구를 추가하여 범용화가 가능한 저수관리기준이 제시된다면 소규모댐 관리에 더욱 효과적일 것으로 판단된다.

#### References

1. Comiskey, J. J., 1986. Generic Consideration in Reallocation of Water Storage at Corps of Engineers Reservoirs, U.S. Army Corps of Engrs. (in English)
2. FAO, 1998. Crop Evapotranspiration, FAO Irrigation and Drainage Paper 56. (in English)
3. Feldman, A. D., 1992. Systems Analysis Applications at the Hydrologic Engineering Center, *J. Water Resour. Plng. Mgmt.*, ASCE, Vol. 118 (3): pp. 249-261. (in English)
4. Johnson, W. K., R. A. Wurbs and J. E. Beegle, 1990. Opportunities for Reservoir-



- storage Reallocation, *J. Water Resour. Plng. Mgmt.*, ASCE, Vol. 116 (4): pp. 550-566. (in English)
5. KARICO, 2002. Analysis and Improvement Method of Reservoir Flood Control Capacity for Heavy Rain. (in Korean)
  6. KOWACO, 1994. The Flood Inflow of the Multi-purpose Dam and Program Manual for Reservoir Operation in the Storm Period. (in Korean)
  7. Kim, Sun Joo, Yong Geun Jee and Phil Shik Kim, 2004. Parameter Optimization of Long and Short Term Runoff Models Using Genetic Algorithm, *Journal of the Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*, Vol. 46 (5): pp. 41-52. (in Korean)
  8. Kim, Phil Shik, 2005. Establishment of Operation Standard and Development of Effective Storage Management Model of Small Dams, Ph.D. Dissertation : Konkuk University. (in English)
  9. Kim, Phil Shik and Sun Joo Kim, 2005. Development of Storage Management System for Small Dams, *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*, Vol. 47 (3): pp. 15-25. (in Korean)
  10. KICT, 1996. Actual Condition and Improvement of Dam Operation in Dry and Flood Period. (in Korean)
  11. Lee, Jae Hyung, Kil Seong Lee and Dong Kug Jeong, 1992. An Optimal Operation of Multi-Reservoirs for Flood Control by Incremental DP, *Magazine of Korea Water Resources Association*, Vol. 25 (2), pp. 47-59. (in Korean)
  12. Milutin, D. and J. J. Bogardi, 1996. Application of Genetic Algorithms to Derive the Release Distribution within a Complex Reservoir System, *Department Water Resources*, pp. 109-116. (in English)
  13. Shim, Myung Pil, Jae Hyoung Lee and Oh Ig Kwon, 1996. Preliminary Release Scheme by Flood Forecasting, *Magazine of Korea Water Resources Association*, Vol. 29 (1), pp. 235-247. (in Korean)
  14. U.S. Army Corps of Engineers, Fort Worth District, 1982. Waco Lake Storage Reallocation Study, Recomm. Rep. (in English)
  15. Wurbs, R. A. and L. M. Cabezas, 1987. Analysis of Reservoir Storage Reallocations, *J. Hydrology*, Vol. 92 (1), pp. 77-95. (in English)