한국농공학회논문집
제47권 제2호

JOURNAL OF THE KOREAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS, MAR. 2005, pp. 3-12

기간별 저수 관리를 통한 소규모 댐의 밭 관개용수 확보

Securement of Upland Irrigation Water in Small Dams through Periodical Management of Storage Level

김 선 주* · 이 주 용** · 김 필 식***
Sun Joo Kim · Joo Yong Lee · Phil Shik Kim

Abstract

The objective of this study is securement of upland irrigation water using storage level management of small dams. However, it is not new development of water resources but securement of water using storage level management of existing dam. This study has enhanced the water utilization coefficient of dam, after extra available water had been calculated by application of periodical management storage level and this water is used to other water like the upland irrigation water demand.

As the result of application, it can secure extra available water except the water requirement. Minimum extra available water except flood is about 20,000,000 m^3 and crop irrigation water demand of 10yr frequency is about 2,033,000 m^3 in Seongju. The utilization of crop irrigation water can be possible. And extra available water is about 3,102,000 m^3 in 2000, 1,959,000 m^3 in 2001 except flood period and crop irrigation water demand of 10yr frequency is about 2,272,000 m^3 in Donghwa. It is judged that extra available water cannot be used to crop irrigation water during the dry season in Dongwha.

Consequently, when management storage level is determined and more efficient use of water is gotten like this study, water utilization coefficient will be enhanced.

Keywords : Securement of upland irrigation water, Periodical management of storage level, Extra available water, Water utilization coefficient

I. 서 론

대부분 소규모 댐으로 분류되는 관개용 댐은 홍수기 이후나 갈수기에도 효율적으로 이용할 수 있도록 운영되어야 한다. 그러나 일반적으로 관개용 댐은 대규모 댐과 달리 용수전용 댐으로 홍수조절 능력이 부족하고, 소규모 댐 특성에 맞는 운영 기

* 건국대학교 생명환경과학대학
** 건국대학교 대학원
*** 건국대학교 생명환경과학대학
* Corresponding author. Tel.: +82-2-450-3753
Fax: +82-2-444-0223
E-mail address: sunjoo@konkuk.ac.kr

준이 정립되어 있지 않은 실정이다. 유역 강수의 80% 정도를 저장하여 물의 이용효율이 높은 대규모 댐과 달리 홍수조절능력이 적은 관개용 댐의 경우 저류정도가 약 30%로서 상대적으로 물의 이용효율이 낮은 편이다.[1] 낮은 용수 이용 효율에도 불구하고 관개용 댐은 농업 발달과 인구 증가 같은 사회적 변화로 인하여 관개뿐만 아니라 다목적용수의 공급을 요구받고 있다. 특히 밭관개 면적의 증가로 인하여 용수수요가 꾸준히 증가하고 있는 추세이다.

이러한 상황에서 현재 우리나라 관개용 댐의 농어촌용수는 논관개 용수를 위주로 하여 하천유지용수, 생활용수, 축산용수를 주 공급량으로 산정하고 있어 밭에 대한 관개용수를 산정하여 공급하는 경우가 거의 없다. 1994년 밭기반 정비사업이 본격적으로 시작되면서 일부에서 밭용수를 산정하였으나 이러한 밭관개도 주로 관정을 사용하여 용수를 공급하고 있는 실정이다. 밭기반 정비사업이 완료된 밭관개 면적은 2003년 현재 75,000 ha로써 우리나라 전체 밭면적의 약 10% 정도밖에 미치지 못하고 있다. 즉 관개용 댐의 밭관개 용수는 극히 일부이며, 실제 현장에서도 수원공으로부터 체계적인 용수공급이 아닌 필요한 곳에 관정 등을 설치하여 지하수를 사용하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 신규 용수개발이 아닌 효율적 관리를 통하여 기존 댐의 용수를 활용할 수 있도록 연구하였다. 관개용 댐의 저수위를 기간별로 관리하여 추가적으로 용수를 확보할 수 있도록 하였으며, 이렇게 확보된 용수를 밭관개용수로 활용할 수 있도록 이용률을 제고하였다. 우리나라의 대표적 관개용 댐인 성주댐과 동화댐을 대상지구로 하였으며, 기간별 저수관리를 통해 댐의 무효방류량을 최소화할 수 있는 기간별 관리수위를 사용하여 효율적인 저수관리를 모의 운영하였다. 이렇게 효율적 저수관리를 통하여 댐 설계당시 계획된 관개용수에 포함 되어있지 않은 밭관개용수량에 대하여 추가적으로 확보할 수 있는 추가공급 가능량을 산정하고, 대상지구의 밭관개 필요수량을 산정하여 추가공급 가능량의 활용 가능성에 대하여 분석하였다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 대상지구

소규모댐의 용수 이용률을 제고하기 위해서 물관리 자동화사업의 대표적 댐인 경북의 성주댐과 전북의 동화댐을 연구 대상지구로 선정하였다. 이 두 댐은 농업용수를 주목적으로 하는 댐이나, 부대적으로 생활용수의 공급과 하천유지용수의 확보 및 홍수 조절 목적도 갖고 건설되었다.

성주지구의 주 수원공인 성주댐의 유역면적은 14,960 ha이다. 성주댐의 규모는 홍수조절 용량을 고려하여 계획되었으며, 동절기 만수위는 EL. 187.9 m, 하절기 만수위는 EL. 184.7 m이고, 계획 용수량은 8.09 ㎥/s이며, 이중 농업용수가 7.45 ㎥/s, 생활용수 0.1 ㎥/s, 하류 하천의 유지용수는 0.54 ㎥/s로 설계되었다. 또한 636 만m^3의 홍수조절능력을 가지고 있으며 이 지역의 연평균 강수량은 1,381.6 mm이다.

동화지역의 주 수원공인 동화댐의 유역면적은 직접유역 4,700 ha, 간접유역 2,700 ha를 합친 7,400 ha이다. 동화댐의 동절기 만수위는 EL. 322.6 m, 하절기 만수위는 EL. 321.6 m이고, 계획 용수량은 8.50 ㎥/s으로 설계되었다. 125.6 만m^3의 홍수조절능력을 가지고 있으며 이 지역의 연평균 강수량은 1,422.1 mm이다.

한편, 댐의 용수를 밭관개 용수량으로 활용하기 위해서는 주요 밭작물의 필요수량을 산정해야한다. 이를 위한 성주지구의 대표 밭작물은 콩, 고추, 배추, 무, 참깨, 고구마, 양파, 마늘 등 8개 작물로서 총 재배면적은 652 ha이며, 동화지구의 대표 밭작물은 콩, 고추, 배추, 무, 참깨 등 5개 작물로서 총 재배면적은 830 ha이다.

Table 1은 성주와 동화지구의 주요 밭작물 면적

Table 1 Representative upland crops of the study area

Crop	Cultivation area (ha)		Max. root depth (m)[11]	Depletion fraction[11]
	Seongju	Donghwa		
Soybeans	197	167	0.6~0.8	0.5
Red pepper	147	343	0.5~1.0	0.3
Chinese cabbage	67	197	0.5~0.8	0.45
Radish	64	81	0.5~0.7	0.3
Sesame	99	42	0.1~0.2	0.6
Sweet potato	109	-	0.8~0.9	0.65
Onion	5	-	0.3~0.4	0.3
Garlic	14	-	0.3~0.4	0.3
Total	652	830	-	-

과 해당 밭작물에 대한 최대뿌리깊이, 토양수분 감소율을 나타낸 것이다.

2. 기간별 관리수위 기본이론

가. 기간별 관리수위

본 연구에서는 댐 설계당시 계획된 관개용수에 포함 되어있지 않은 밭관개용수량의 추가적 확보를 위하여 기간별 관리 수위[1),3)] 기법을 사용하였다. 관리수위란 최저 유출량이 발생하더라도 계획 용수량 이상의 용수를 확보할 수 있는 수위이다.

관개용 댐은 특성상 이듬해 관개용수 확보를 목적하고 있다. 그러나 겨울가뭄 등으로 인한 이듬해 관개용수의 미확보를 방지하기 위해 홍수기말에 상시만수위(동계만수위)를 유지하려는 댐 운영을 하고 있다. 이를 위해 홍수기전에 홍수기를 대비한 저류공간을 충분히 확보하지 못하여 예상하지 못한 태풍 등이 발생 했을 때 큰 피해가 발생하고 있다. 기간별 관리수위 기법은 이러한 문제점을 해결하고 관개 시 충분한 용수를 확보하기 위해 1년을 4개의 관리 기간으로 설정한 것이다.

기간별 관리수위를 적용하기 위한 저수지의 물수지 요소는 크게 유출량, 관개용수량, 기타수량이며, 기타수량은 생활 · 공업용수와 하천유지용수이다. 장기 유출량을 모의하기 위하여 예측에 적합한 3단 수정 TANK 모형을 사용하여 일별 유출량을 분석하였다.

나. 수위관리 기간

상시만수위는 홍수기말이 아닌 이듬해 관개기 시작시기에 확보하는 것으로 하였으며, 홍수기전에 필요수량 이외의 추가적 용수방류를 실시하여 홍수기에 저류공간을 최대화하고 홍수피해를 최소화하도록 하였다.

저수지는 Table 2와 같이 1년을 4개의 기간으로 나누어 관개기 용수사용에 영향을 끼치지 않으며 홍수기에 대비할 수 있도록 기간별 적정 수위를 산정한다. 1기간은 본격적인 관개가 시작되기 전에 용수를 확보하는 기간이고, 관개기로써 장마가 시작되는 6월 20일 전을 2기간으로 하였다. 또한 3기간은 관개기와 더불어 홍수기이며, 4기간은 홍수기 이후의 용수를 확보하는 기간이다. 홍수기의 경우 6월 21일~9월 21일까지로 하는 것이 일반적이나 최근의 강우나 태풍 등의 기상 형태를 고려하여 9월 30일 까지를 홍수기로 정하였다.[1)]

Table 2와 같이 관개용 댐의 기간별 운영을 위한 관리수위를 산정하기 위해 유출모형과 확률론적 수문분석을 이용하여 기간별 최저 유출량을 분석하

Table 2 Periodical operation of irrigation dam[1),3)]

Classification	1/1~3/31	4/1~6/20	6/21~9/30	10/1~12/31
Operation standard	Insurance period of full supply level in winter	Preparation period of irrigation and flood	Period of irrigation and flood	Insurance period of full supply level in winter

였다. 유출모형은 수정 TANK 모형을 사용하였고, 기간별 최저 유출량은 최소값의 해석에 흔히 사용되는 Type-Ⅲ 극치분포형을 사용하여 산정하였으며 빈도년수는 10년으로 하였다.

관개용 댐의 주목적에 따라 1기간은 관개용수 확보 기간으로 관개기 시작 시기인 3월말에 동계만수위를 확보유지하며, 이때의 수위를 1기간 관리수위로 결정하였다.

3기간 관리수위(9월말 기준)는 4기간에 10년 빈도 최저 유출량이 발생하더라도 원활한 필요수량 공급과 이듬해 관개기전에 1기간 관리수위를 확보할 수 있도록 결정하였다. 3기간 관리수위는 1기간과 4기간의 최저 유출량과 용수이용량을 이용하여 유역 물수지 분석을 연속모의하여 결정하였다.

2기간 관리수위(6월 20일 기준)는 홍수조절능력이 부족한 관개용 댐에 있어 홍수기를 대비하여 최대의 저류공간을 확보함과 동시에 3기간 관리수위를 확보할 수 있는 수위로 결정하였다. 2기간의 관리수위 역시 3기간의 유역 물수지 분석을 연속모의하여 결정하였다. Fig. 1은 기간별 관리 수위의 결정을 개략적으로 보여주고 있다.

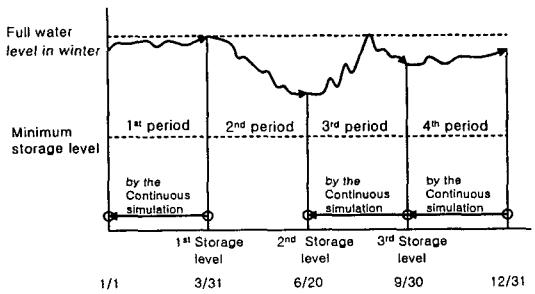

Fig. 1 Periodical management of storage level

다. 추가공급 가능량

각 기간별 수위 관리를 적용하여, 댐의 저수위를 연속 모의 운영하였다. 홍수기와 같이 일시적 수위를 조절하기 위해 단기간에 많은 양을 무효방류 시키지 않도록 정상적 방류량 이외의 수량을 유입량에 따라 조절 방류하였으며, 이를 관개기에서 이듬해 관개기 까지 연속 모의 운영하였다. 댐 건설당시 계획된 관개수량과 기타수량 이외에 발생하는 추가적인 여유수량을 산정하였으며, 이를 모두 추가공급이 가능한 수량으로 산정하였다.

본 연구에서는 농촌 정주인구의 생활수준향상 등에 의한 생활·공업용수, 친환경 관련 용수 등의 증가를 고려하여 각각 용수의 예상되는 계획 최대급수량을 적용한 후의 추가공급 가능량을 산정하였다. 또한 실제 수위 자료가 확보된 년수에 대하여 분석을 하였으며, 성주댐은 1998~2002년, 동화댐은 2000~2001년에 대하여 분석하였다.

3. 밭관개용수 확보 기본이론

가. 밭관개용수 산정

밭에서의 필요수량은 증발산량과 유효우량은 고려하고, 침투량은 밭의 유효수분이 포장용수량 범위 안에서 계산되므로 고려하지 않는다.[6)] 밭관개용수량은 순용수량을 산정한 후 기타 손실수량을 적용하여 산정한다.

1) 증발산량

밭관개 필요수량은 증발산량을 산정한 후, 일별 토양수분 추적법으로 유효우량을 구하여 산정하였다. 각 작물의 증발산량은 최근 여러 연구를 통해 정확한 방법으로 인정받고 있으며 밭작물 필요수량

Monteith 법[10]을 사용하였다.

$$PET = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma\frac{900}{T+273}U_2(e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1+0.34\,U_2)}$$

여기서, PET: 잠재 증발산량(mm/d),
Rn: 순일사량(mm/d),
Δ: 수증기압곡선,
γ: 습도상수,
$(e_a - e_d)$: 증기압차(kPa),
G: 토양으로 흡수되는 열 유동량

각 작물의 작물계수와 뿌리깊이는 「FAO-56 Crop evapotranspiration」(FAO, 1998)[11]에서 제시한 계수를 생육기별로 구분하여 결정하였으며, 뿌리깊이의 경우 깊이에 따른 토양수분 감소율을 고려하였다.

2) 유효우량

밭의 유효우량 산정은 일별 토양수분 추적법을 사용하였다. 강우량 중에서 작물의 생육에 이용되는 수량인 유효우량은 밭관개에서 공급량을 결정짓는 가장 중요한 인자중 하나이다. 관개계획은 강우량이 토양에 저장된 양에 따라 관개량과 관개시기가 달라지고, 시기별 유효우량에 따라 밭 관개시설의 규모가 결정되기 때문이다. Fig. 2는 일별 토양수분추적법을 나타낸 것이며, Smax는 토양수분 최대저류량, Smin은 생장저해수분점이다.

강우량이 근군역을 포함할 수 있는 깊이보다 크면 유효우량은 근군역이 포함 할 수 있는 양과 같으며, 근군역 깊이보다 작은 경우의 유효우량은 강우량과 같다. 이 경우의 토양수분은 토양수분 최대저류량 및 생장저해수분점에 의해 제한된다.

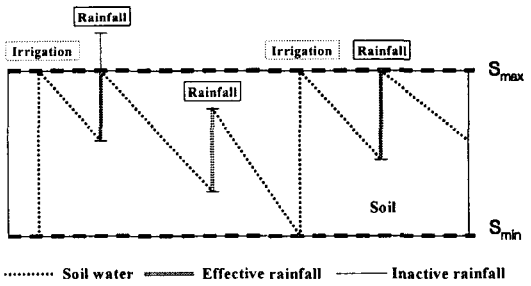

Fig. 2 Daily soil water routing method

나. 밭관개용수 확보

대상지구의 각 년도별 밭관개 필요수량을 산정하여 농업용수 관리기준인 10년 빈도 밭관개 용수량을 산정하고, 추가공급 가능량의 밭관개용수 활용에 대하여 분석하였다. 밭의 경우 홍수기에는 강우로 용수 수요량을 대부분 충당하기 때문에 홍수기에를 제외한 추가공급 가능량의 활용을 판단하였다. 홍수기에 발생하는 무효방류량은 소규모 댐의 특성상 불가피하게 발생하는 것으로 기간별 관리수위를 적용하여 그 양을 최소화하고, 년 전체의 추가공급 가능량을 최대화하여 밭관개 용수로 활용할 수 있도록 하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 기간별 관리수위를 이용한 추가공급 가능량

기간별 관리수위를 이용하여 댐을 모의 운영한 결과 Table 3과 같이 기간별 관리수위가 산정되었다. 최저수위는 10년 빈도 필요저수량과 안전율을 고려하여 사수량을 포함한 수위로써 성주댐은 EL. 175 m이며, 동화댐은 EL. 300 m로 분석되었다.

각 기간의 관리 수위를 확보할 수 있도록 댐의 수위를 일별로 모의 운영하여 기간별 관리수위를 적용하였다. 이를 이용하여 필요수량을 제외한 추가공급 가능량을 산정하였다. 일시적 수위를 조절하기 위해 단기간에 많은 양을 무효방류 시키지 않고, 기간별 관리수위를 적용하여 효율적 댐 저수위를 모의함으로써 모두 추가사용이 가능한 수량으로 산정하였다. 또한 정상적 방류량의 안전율을 고려하여 생공용수와 하천유지용수의 계획 최대급수량을 방류하는 것으로 하여 댐 운영 모의를 실시하였다.

Table 3 Periodical management of storage level

Term		1st Period	2nd Period	3rd Period	4th Period
		1/1~3/31	4/1~6/20	6/21~9/30	10/1~12/31
Seongju	Management storage level (EL. m, on the last day of each period)	187.9 (3/31 standard)	180.7 (6/20 standard)	183.4 (9/31 standard)	186.5 (12/31 standard)
	Minimum storage level (EL. m)	175			
Donghwa	Management storage level (EL. m, on the last day of each period)	322.6	321.1	321.1	322.5
	Minimum storage level (EL. m)	300			

Table 4 Extra available water of Seongju dam

(Unit: 10^3m^3/yr)

Year		1998	1999	2000	2001	2002
Extra available water	1st period	-	4,915	865	4,160	386
	2nd period	17,436	17,350	5,672	16,020	8,912
	3rd period	14,397	23,974	41,178	12,599	34,541
	4th period	6,615	9,419	7,610	5,206	2,888
	Total	38,448	55,658	55,325	37,985	46,727

성주댐의 경우 생공용수와 하천유지용수를 현재 0.306 m^3/일/인, 46,652 m^3/일에서 예상 계획 최대급수량인 0.35 m^3/일/인, 51,840 m^3/일(농어용수개발사업계획서, 1988, 농업진흥공사)로 각각 이용률을 높여 이를 기준으로 추가공급 가능량을 산정하였다. 이용률을 높였을 때 추가공급 사용량은 1998~2002년까지 각각 38,448, 55,658, 55,325, 37,985, 46,727 천m^3으로 산정되었으며, 1998년과 2001년은 가뭄으로 인하여 다른 해보다 추가공급 가능량이 적게 산정되었다(Table 4).

동화댐은 생공용수의 경우 2011년 계획 최대급수량은 0.35 m^3/일/인을 적용시켰으며, 하천유지용수의 경우 2006년의 목표수요량은 2,100 m^3/일을 적용시켰다(이상호우에 대비한 농업용 댐 홍수조절 기능 분석 및 개선 방안, 2002, 농업기반공사). 동화댐의 추가공급 가능량은 2000~2001년에 각각 30,937, 1,906 천m^3으로, 2000년은 많은 추가 공급가능량이 발생하였다(Table 5). 2001년의 경우에도 추가공급 가능량이 발생하였으나 가뭄으로 인하여 매우 적었으며, 대부분 1기간에 발생한 것으로 2, 3, 4기간에는 최소확보수위인 EL. 300 m

Table 5 Extra available water of Donghwa dam

(Unit: 10^3m^3/yr)

Year		2000	2001
Extra available water	1st period	-	1,906
	2nd period	1,720	0
	3rd period	27,835	0
	4th period	1,382	0
	Total	30,937	1,906

부근까지 수위저하를 나타내어 가뭄년의 경우 추가적인 용수의 확보에 어려움을 겪는 것으로 분석되었다. 동화댐의 총 관개면적 및 저수용량은 각각 3,000 ha 와 32,350 천m^3으로 성주댐(3,160 ha, 38,240 천m^3)과 비슷하나 유역면적이 성주댐의 1/2 정도로 극심한 가뭄시 충분한 저수량을 확보하는 것이 어려웠다. 그러나 최소확보수위를 유지하여 정상적 용수공급의 문제는 발생하지 않는 것으로 분석 되었다.

2. 대상지구 밭관개 필요수량

두 대상지구의 경우 동화댐의 2001년 경우를 제외하고 생공용수와 하천유지용수를 증가시켜 댐 운영을 모의한 결과 원활한 용수 공급과 확보를 보였으며, 정상적인 공급량 이외에 추가적인 공급가능량도 발생하였다. 두 대상지구 모두 댐 설계당시 계획된 관개용수가 공급되는 면적 이외의 밭면적이 계속적으로 증가하고 있어 이 용수를 비관개전의 관개용수로 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

Penman-Monteith법과 일별 토양수분 추적법을 사용하여 대상지구의 대표 밭작물에 대한 순용수량 및 80%의 관개효율(적용효율 90%, 운송효율 90%)을 적용시켜, 관개용수량을 산정하였다. 성주의 경우 분석기간은 1998년~2002년까지 총 5개년이

Table 6 Irrigation water demand of upland crops in Seongju area (Unit: 10^3m^3/yr)

Crop \ Year	1998	1999	2000	2001	2002
Soybean	301	502	323	442	588
Redpepper	265	200	300	397	425
Chinese cabbage	184	105	145	130	190
Radish	144	76	98	108	167
Sesame	238	244	287	318	373
Sweet potato	185	133	125	255	294
Onion	13	15	17	20	21
Garlic	35	41	48	56	59
Total	1,365	1,316	1,343	1,726	2,117

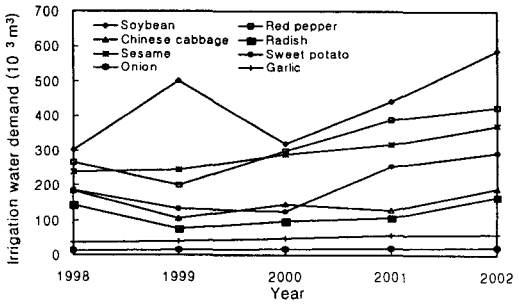

Fig. 3 Upland crops irrigation water demand of Seongju area

Table 7 Irrigation water demand of upland crops in Donghwa area (Unit: 10^3m^3/yr)

Crop \ Year	2000	2001
Soybean	270	379
Redpepper	701	871
Chinese cabbage	427	430
Radish	124	143
Sesame	121	136
Total	1,643	1,959

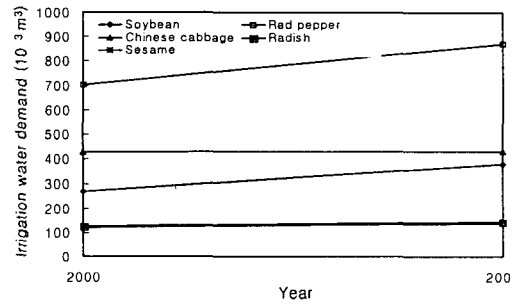

Fig. 4 Upland crops irrigation water demand of Donghwa area

며, 분석작물은 총 8가지이다. Table 6과 같이 1998~2000년은 약 1,400 천m^3 이하의 필요수량이 산정되었고, 2001년 이후 필요수량이 증가하는 추세를 보였다. 2001년은 가뭄, 2002년은 강수량이 재배기간 전반이 아닌 일정기간 집중화로 인해 많은 필요수량이 산정된 것으로 판단된다. Fig. 3은 각 작물별 필요수량을 나타낸 것이다.

동화지구의 경우 분석기간은 2000년~2001년까지 총 2개년이며, 분석작물은 총 5가지이다. Table 7과 같이 2000년~2001년은 각각 1,642 천m^3, 1,959 천m^3의 필요수량이 산정되었으며, 2001년은 가뭄으로 인하여 필요수량이 증가한 것으로 판단된다. Fig. 4는 각 작물별 필요수량을 나타낸 것이다.

3. 밭관개 용수량 확보

Table 8과 같이 성주댐은 연간 35,000 천m^3 이상의 추가공급 가능량을 가지며, 특성상 많은 무효방류가 일어나는 홍수기를 제외한 추가공급 가능량은 연평균 26,517 천m^3이 발생하였다. 현재 이 여유수량은 취수탑을 통해서 발전용수의 목적만을 가지고 무효방류되고 있다.

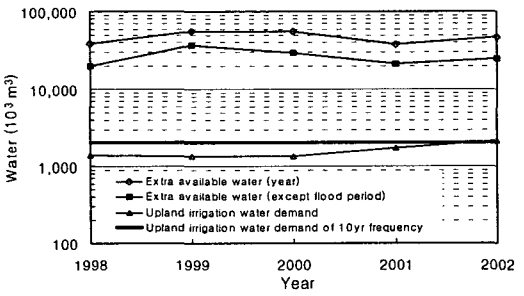

Fig. 5 Extra available water and upland irrigation water demand of Seongju area

각 대상지구의 확보된 용수와 밭관개 필요수량의 비교는 실제 수위자료가 확보된 해에 대하여 실시하였으나, 10년 빈도 밭관개 필요수량은 각각 20개년의 밭관개 필요수량을 분석하여 산정하였다. 분석 방법은 Type-I 극치분포형을 적용하였다.

성주지역의 대표밭작물 콩, 고추, 배추, 무, 참깨, 고구마, 양파, 마늘 등 8개작물의 총 재배면적 652 ha에 대한 10년 빈도의 밭필요수량은 약 2,033 천m^3으로 분석되었다. 또한 성주 저수지의 홍수기를 제외한 여유수량은 최소한 연 20,000 천m^3 이상으로, 성주의 주요 밭작물 필요수량의 약 10배에 해당한다. 이 용수를 비관개전의 관개용수로 사용할 수 있을 것으로 판단되며, 밭의 면적이 꾸준히 늘어나고 있는 실정에서 새로운 용수의 개발이 아닌 기존 댐의 저수관리를 통하여 관개용수를 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

동화지역의 경우 대표 밭작물 콩, 고추, 배추, 무, 참깨 등 5개작물의 총 재배면적 830 ha에 대한 10년 빈도의 밭관개 필요수량은 약 2,274 천m^3으로 분석되었다. 2000년의 경우 추가공급 가능량으로 밭관개 필요수량을 충당할 수 있지만, 가뭄년인 2001년의 경우 밭관개 필요수량으로 활용할 경우 2기간 이후 최소확보수위 EL. 300 m 이하로 수위가 저하될 것으로 예상된다. 즉 동화댐의 경우 가뭄년에는 밭관개 용수와 같은 타용수의 활용이 어려운 것으로 판단된다.

Table 8 Extra available water and upland irrigation water demand of Seongju area

(Unit: 10^3m^3/yr)

Classification \ Year	1998	1999	2000	2001	2002	Mena
Extra available water	38,448	55,658	55,325	37,985	46,727	46,829
Extra available water (except flood period)	19,968	36,758	29,585	21,446	24,827	26,417
Upland irrigation water demand	1,365	1,316	1,343	1,726	2,117	1,573
Upland irrigation water demand of 10yr frequency	2,033					

Table 9 Extra available water and upland irrigation water demand of Donghwa area

(Unit: $10^3m^3/yr$)

Classification \ Year	2000	2001	Mean
Extra available water	30,937	1,906	16,422
Extra available water (except flood period)	3,102	1,906	2,504
Upland irrigation water demand	1,643	1,959	1,801
Upland irrigation water demand of 10yr frequency		2,274	

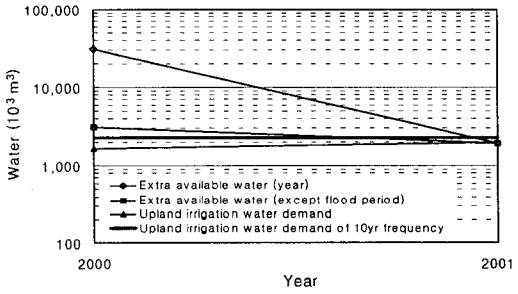

Fig. 6 Extra available water and upland irrigation water demand of Donghwa area

Ⅳ. 결 론

본 연구는 신규 용수개발이 아닌 기존 댐의 용수를 활용함으로써 밭관개 필요수량 충당 가능성과 활용을 판단한 것으로 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

효율적인 저수관리를 모의 운영하였으며, 밭관개 필요수량을 산정하여 댐 설계당시 계획된 관개용수 외에 추가적으로 확보할 수 있는 추가공급 가능량의 확보 및 공급 가능성을 판단하였다.

생공용수와 하천유지용수의 이용률을 높여 성주댐과 동화댐 운영을 모의한 결과, 성주댐은 1998~2002년까지 각각 38,448, 55,658, 55,325, 37,985, 46,727 천m^3의 추가공급 가능량이 산정되었으며, 1998년과 2001년의 가뭄년에도 최소 38,000 천m^3이상의 추가공급 가능량이 산정되었다. 동화댐의 경우 2000년은 30,937 천m^3의 추가공급 가능량이 발생하였으나, 극심한 가뭄해인 2001년에는 1기간에 1,906 천m^3의 추가공급 가능량만이 발생하였고, 2, 3, 4기간에 발생하지 않았다.

밭관개 필요수량 산정결과 성주댐의 경우 1998~2002년까지 각각 1,365, 1,316, 1,343, 1,726, 2,117 천m^3이며, 동화댐은 2000년과 2001년에 각각 1,643, 1,959 천m^3으로 산정되었다.

댐 설계당시 관개용수에 포함되지 않은 비관개전의 용수수요량을 산정하여 추가공급 가능량의 활용을 판단하였다. 10년 빈도 밭관개 용수량 산정 결과 성주댐은 2,033 천m^3으로 산정되었으며, 가뭄시에도 추가공급 가능량으로 밭관개용수를 충당할 수 있었다. 동화댐의 10년 빈도 밭관개 필요수량은 2,274 천m^3으로 댐 운영에 의해 발생한 추가공급 가능량으로 밭관개용수 활용이 가능한 것으로 분석되었으나, 2001년과 같은 극심한 가뭄에는 밭관개 필요수량과 같은 타용수 활용이 어려울 것으로 판단된다.

극심한 가뭄년을 제외하면 성주댐과 동화댐 모두 추가공급 가능량이 발생하였으며, 밭의 면적이 꾸준히 늘어나고 있는 실정에서 새로운 용수의 개발이 아닌 기존 댐의 저수관리를 통하여 밭관개용수를 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

References

1. Kim, Sun Joo, Kim, Phil Shik and Joo Yong Lee, 2004, Seasonal Water level Management Method of Irrigation Dams, *Proc. Annual Conference Korea Water Resource Association* pp.216 (in Korean)
2. Kim, Sun Joo, Kim, Phil Shik and Chang Yong Lim, 2004, Behaviour Analysis of Irrigation Reservoir Using Open Water Management Program, *Journal of the Korean Society*

of Agricultural Engineers, Vol.46(1): pp.3-13. (in Korean)
3. Kim Phil Shik, 2005, Operation Standard Establishment and Development of Effective Storage Management Model of Small Dams, Ph.D thesis : Konkuk University
4. Kim, Hyun Young and Seung Woo Park, 1988, Simulating Daily Inflow and Release Rates for Irrigation Reservoirs (II), *Journal of the Korea Society of Agricultural Engineers*, Vol.30(2): pp.95-104. (in Korean)
5. Lee Joo Yong, Kim, Sun Joo, and Phil Shik Kim, 2004, Upland Irrigation Water Extra available Using Storage Level Management of Small Dams, *Proc. Annual Conference the Korean Society of Agricultural Engineers*, pp.76. (in Korean)
6. Lee, Kwang Ya, 2000, Development of Estimation System for Agricultural Water Demand, Ph.D. thesis: Konkuk University
7. Rodrigo, O. and Daniel P. L., 1997, Operating Rules for Multireservoir Syste- ms, *Water Resources Research*, Vol.33(4), pp.839~852.
8. Suh, Young Jea and Kwang Ya Lee, 2002, Estimation of water demand for upland, *Journal of the Korean society of agricultural engineers* Vol.44(1): pp.25-34 (in Korean)
9. Korea Agricultural and Rural Infrastructure Corporation, 2001, Donghwa Basin TM/TC Work Plan Report
10. Korea Agricultural and Rural Infrastructure Corporation, 1996, Seongju Basin TM/TC Work Plan Report
11. FAO, 1998, Crop evapotranspiration, FAO Irrigation and Drainage Paper 56
12. FAO, 1970, Crop water requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper 24