

# 관개용 댐의 저수관리를 통한 농업용수 이용률 제고

## Enhancement of Agricultural Water Use through Storage Level Management of Irrigation Dams

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

### 요 지

현재 우리나라 관개용 댐의 농업용수는 논관개 용수를 위주로 하여 하천유지용수, 생활용수, 축산용수를 주 공급량으로 산정하고 있다. 그러나 극히 일부를 제외하고 밭에 대한 관개용수를 산정하여 공급하는 경우가 거의 없으며, 실제 현장에서도 수원공으로부터 체계적인 용수공급이 아닌 필요한 곳에 관정 등을 설치하여 지하수를 사용하고 있다. 본 연구에서는 밭관개 용수의 확보를 위하여 관개용 댐의 저수를 기간별로 관리 모의 하였다. 이를 통해 용수의 신규 개발이 아닌 기존 용수의 저수 관리를 통하여 용수의 이용효율을 높일 수 있도록 하였다. 우리나라의 대표적 관개용 댐인 성주댐과 동화댐을 대상지구로 하여 논관개 용수와 같은 정상적 용수 공급에 영향을 주지 않으며, 추가적인 용수를 확보할 수 있도록 하였다. 이상의 결과로 성주지역 주요 밭작물 필요수량은 충분히 확보할 수 있었으며, 동화지역의 경우도 1998년과 2001년 같은 극심한 가뭄년을 제외하고 추가공급 가능량이 발생하는 것으로 분석되었다.

**핵심용어 : 저수관리, 밭관개 용수 확보, 추가공급 가능량, 용수 이용률**

### 1. 서 론

대부분 소규모 댐으로 분류되는 우리나라 관개용 댐의 농어촌용수 산정에 대한 내용을 보면, 논관개 용수를 위주로 하여 하천유지용수, 생활용수, 축산용수를 주 공급량으로 산정하고 있다. 그러나 밭에 대한 관개용수는 따로 산정하여 공급하는 경우가 거의 없어, 늘어나는 밭관개 면적에 대한 용수 확보가 시급한 상황이다. 밭관개용수를 산정하여 공급하는 실정을 살펴보면 밭기반 정비사업이 완료된 밭관개 면적은 2003년 현재 75,000ha로써 전체 밭면적의 약 10%정도에 불과하며 이러한 밭관개도 주로 관정을 사용하여 용수를 공급하고 있다.

이러한 현실에서 수자원의 이용량은 점점 증가하고 있기 때문에, 현재 사용하고 있는 농업용수를 효율적으로 관리를 통한 농업용수의 이용률 제고가 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 신규 용수개발이 아닌 효율적 관리를 통하여 기존 댐의 용수를 활용할 수 있도록 연구하였다. 기존 관개용 댐의 무효방류량을 최소화할 수 있도록 효율적인 저수관리 모의 운영하였으며, 이를 통해 댐 설계당시 계획된 관개용수 외에 추가적으로 확보할 수 있는 관개용수량을 산정하여 밭관개 용수로의 공급가능성을 분석하였다. 우리나라의 대표적 관개용 댐인 성주댐과 동화댐을 대상지구로 하였으며, 댐운영은 4개의 특성을 가진 기간으로 나누어 관리하였다.

\* 정회원-건국대학교 대학원 사회환경시스템공학 전공-E-mail : doeberk@hanmail.net

\*\* 정회원-건국대학교 생명환경과학대학 교수-E-mail : sunjoo@konkuk.ac.kr

\*\*\* 정회원-건국대학교 생명환경과학대학 Post Doc.-E-mail : kimps@konkuk.ac.kr

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 대상지역

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.

한편, 댐의 용수를 발관개 용수량으로 활용하기 위해서는 주요 발작물의 필요수량을 산정해야 한다. 이를 위한 성주지구의 대표 발작물은 콩, 고추, 배추, 무, 참깨, 고구마, 양파, 마늘 등 8개 작물로서 총 재배면적은 652ha이며, 동화지구의 대표 발작물은 콩, 고추, 배추, 무, 참깨 등 5개 작물로서 총 재배면적은 830ha이다.

표 1. 성주댐과 동화댐 저수 현황

구 분	유역면적	관개면적	동계만수위	하계만수위	사수위	물넘이 높이
성주댐	14,960ha	3,160ha	EL. 184.7m	EL. 187.9m	EL. 162.0m	EL. 182.4m
동화댐	7,400ha	3,000ha	EL. 322.6m	EL. 321.6m	EL. 271.0m	EL. 316m

표 2. 성주와 동화지역 주요 발작물 관개면적

구 분	콩	고추	배추	무	참깨	고구마	양파	마늘	총
성주댐(ha)	197	147	67	64	99	109	5	14	652
동화댐(ha)	167	343	197	81	42	-	-	-	830

### 2.2 기간별 관리수위를 통한 추가공급 가능량

기간별 관리수위<sup>1),2)</sup>를 이용하여 댐의 무효방류량을 최소화하고 댐 설계당시 계획된 관개용수 외에 추가적으로 확보할 수 있는 추가공급 가능량을 산정하였다. 이 기법은 일년을 특성에 맞는 4개의 기간으로 나누어 기간별 최저유출량과 용수이용량을 빈도 분석하여, 기간별 관리 수위를 산정한 후 이 수위를 적용하여 댐을 운영하는 것이다.

표 3. 기간별 저수관리

구 분	1/1 ~ 3/31	4/1 ~ 6/20	6/21 ~ 9/30	10/1 ~ 12/31
내 용	동계 만수위 확보기간	관개 및 홍수기 대비기간	관개 및 홍수기간	동계 만수위 확보기간 (소수력 발전 확보)
취수탑 방류내용	생활용수와 하천유지용수만 방류	홍수기 대비 및 소수력 발전을 위한 방류	필요수량 이상 방류	봄가뭄등을 고려한 수위조절방류

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 건설 당시 계획된 관개수량과 기타수량 이외에 발생하는 추가공급 가능량을 산정하였으며, 이를 모두 추가공급이 가능한 수량으로 산정하였다.

### 2.3 발판개 필요수량 산정

발판개 필요수량은 증발산량을 산정한 후, 일별 토양수분 추적법으로 유효수량을 구하여 산정하였다. 각 작물의 증발산량은 최근 여러 연구를 통해 정확한 방법으로 인정받고 있으며, 발작물 필요수량 산정에 합리적이고 적용성이 뛰어난 Penman-Monteith 법을 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),  $R_n$  : 순일사량(mm/d),  $\Delta$  : 수증기압곡선,  $\gamma$  : 습도상수,  $(e_a - e_d)$  : 증기압차(kPa), G : 토양으로 흡수되는 열 유동량

각 작물의 작물 계수와 뿌리깊이는 「FAO-56 Crop evapotranspiration」에서 제시한 계수를 생육기별로 구분하여 결정하였으며, 작물별 뿌리깊이에 따른 토양수분 감소율을 고려하였다.

또한 토양의 특성을 고려하여 토양의 유효수분량을 적용한 일별 토양수분 추적법으로 유효수량을 산정하여 적용하였으며, 밭의 손실수량은 포장 내에서 적용효율과 송수중의 손실율을 포함한 관개효율을 고려하였다. 밭의 작부체계는 노지재배로 적용하였으며, 노지재배는 스프링클러를 많이 사용하고 있기 때문에 스프링클러의 관개효율을 적용하여, 적용효율(A) 90%, 운송효율(B) 90%, 관개효율(A×B) 80%로 하여 총 발판개 필요수량을 산정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 추가공급 가능량 산정

기간별 관리수위를 적용하여 년도별 추가공급 가능량을 산정하였다. 빈도분석을 통하여 10년 빈도의 최저 유출량이 유입되더라도 최소한 남는 저수량을 산정하였다. 성주댐과 동화댐 모두 1998년과 2001년은 가뭄으로 인하여 추가공급 가능량이 다른 해보다 적게 산정되었으며, 특히 2001년 동화댐의 경우 극심한 가뭄으로 2기간 이후로는 추가공급 가능량이 발생하지 않았다. 그러나 분석결과 성주댐의 경우 적어도 매년 35,000,000m<sup>3</sup> 이상의 추가공급 가능량이 발생하였으며, 동화댐의 경우 극심한 가뭄년인 1998년과 2001년을 제외하고는 30,000,000m<sup>3</sup> 이상의 추가공급 가능량이 발생하였다.

표 4. 추가공급 가능량

구 분	1998	1999	2000	2001	2002
성주댐(10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	38,448	55,658	55,325	37,985	46,727
동화댐(10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	9,751	35,082	30,937	1,906	33,984

### 3.2 발판개 필요수량

Penman-Monteith법과 일별토양수분 추적법을 사용하여 성주지역과 동화지역의 대표 발작물에 대한 순용수량 및 송수효율, 관개효율을 적용시킨 관개용수량을 산정하였다. 분석기간은 1998년 ~ 2002년 까지 총 5개년이며, 분석작물은 각각 8가지, 5가지이다. 성주지역의 경우 1998 ~ 2000년은 약 1,400,000m<sup>3</sup>이하의 필요수량이 산정되었고, 2001년 이후 필요수량이 증가하는 추세를 보였다. 2001년은 가뭄, 2002년은 강수량이 재배기간 전반이 아닌 일정기간 집중화로 인해 많은 필요수량이 산정된 것으로 판단된다. 동화댐은 가뭄년인 1998년과 2001년에 높은 필요수량을 보였는데 가뭄의 영향으로 많은 필요수량이 산정된 것으로 판단된다.

표 5. 발판개 필요수량

구 분	1998	1999	2000	2001	2002
성주댐(m <sup>3</sup> )	1,363,345	1,316,368	1,339,173	1,719,098	2,115,105
동화댐(m <sup>3</sup> )	1,873,011	1,556,992	1,643,000	1,959,000	1,772,009

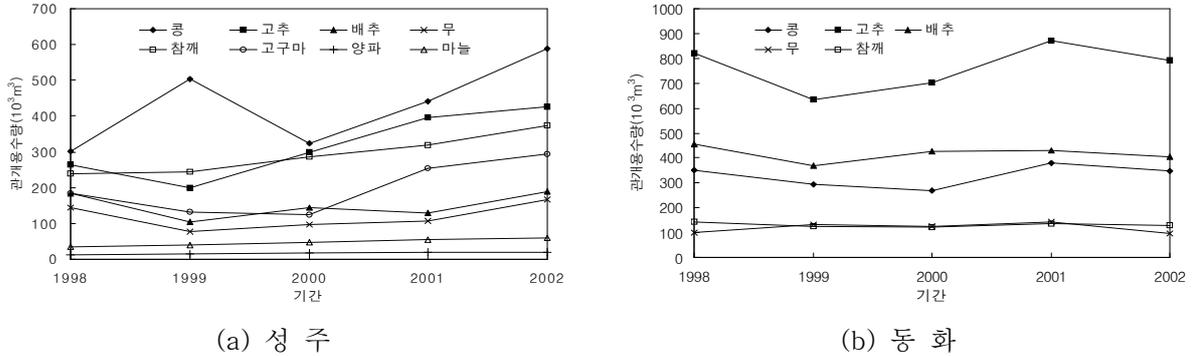


그림1. 발판개 필요수량

### 3.3 추가공급 가능량 활용

표 6과 같이 성주댐과 동화댐은 극심한 가뭄년을 제외하고 10년 빈도 최저유출량의 조건에서도 최소한 연간 35,000,000m<sup>3</sup>, 30,000,000m<sup>3</sup>이상의 추가공급 가능량을 가지며, 특성상 많은 무효방류가 일어나는 홍수기를 제외한 추가공급 가능량은 각각 20,000,000m<sup>3</sup>, 2,600,000m<sup>3</sup>이상으로 산정되었다. 현재 이 수량은 취수탑으로 통해서 발전용수의 목적만을 가지고 무효 방류되고 있다.

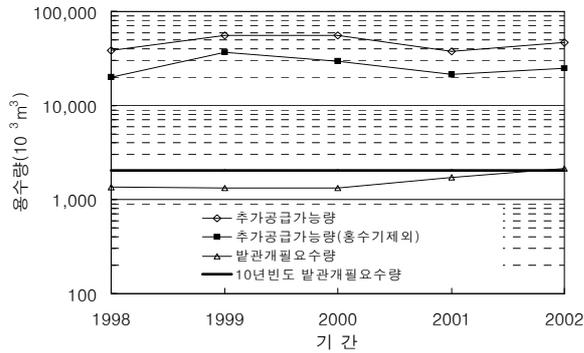
또한 20개년의 관개용수량을 산정하고 Type-I 극치분포형을 적용하여 대상지구 대표 발작물의 10년 빈도의 발판개 필요수량을 산정하였다.

성주지역의 대표발작물 콩, 고추, 배추, 무, 참깨, 고구마, 양파, 마늘 등 8개작물의 총 재배면적 652ha에 대한 10년 빈도의 발판개 필요수량은 약 2,033 천m<sup>3</sup>으로 분석되어 추가공급 가능량을 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.

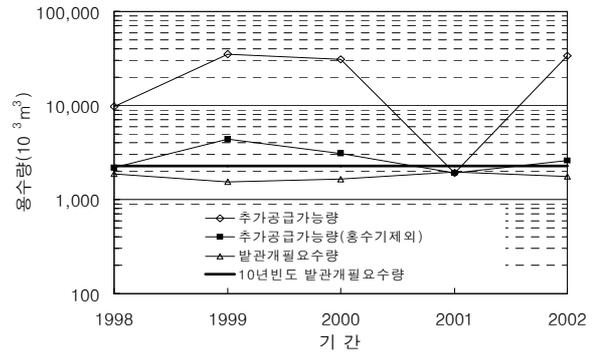
동화지역의 경우 대표 발작물 콩, 고추, 배추, 무, 참깨 등 5개작물의 총 재배면적 830ha에 대한 10년 빈도의 발판개 필요수량은 약 2,274 천m<sup>3</sup>으로 분석되었다. 1999, 2000, 2002년의 경우 추가공급 가능량으로 발판개 필요수량을 충당할 수 있지만, 가뭄년인 1998, 2001년의 경우 발판개 필요수량으로 활용할 경우 최소확보수위 EL. 300 m<sup>3</sup>) 이하로 수위가 저하될 것으로 예상되어 가뭄년에는 발판개 용수와 같은 타용수의 활용이 어려운 것으로 판단된다.

표 6. 추가공급 가능량과 발판개 필요수량

구 분		1998	1999	2000	2001	2002
성주	추가공급 가능량(10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	38,448	55,658	55,325	37,985	46,727
	추가공급 가능량(홍수기 제외)(10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	19,968	36,758	29,585	21,446	24,827
	발판개 필요수량(10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	1,365	1,316	1,343	1,726	2,117
	10년 빈도 발판개 필요수량(10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	2,033				
동화	추가공급 가능량(10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	9,751	35,082	30,937	1,906	33,984
	추가공급 가능량(홍수기 제외)(10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	2,187	4,400	3,102	1,906	2,616
	발판개 필요수량(10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	1,873	1,557	1,643	1,959	1,772
	10년 빈도 발판개 필요수량(10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	2,274				



(a) 성주댐



(b) 동화댐

그림2. 추가공급 가능량과 발관개 필요수량

#### 4. 결론

본 연구는 수자원의 신규 개발이 아닌 기존 댐을 효율적으로 관리함으로써 활용함으로써 대상 지구의 발관개 필요수량 충당 가능성을 판단한 것으로 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

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

2. 기간별 저수관리 결과 성주댐은 최소 35,000,000m<sup>3</sup> 이상의 추가공급 가능량이 산정되었으며, 특성상 무효방류가 많이 발생하는 홍수기를 제외하여도 20,000,000m<sup>3</sup> 이상의 추가공급 가능량이 산정되었다. 동화댐은 가뭄년인 1998년과 2001년을 제외하고 30,000,000m<sup>3</sup> 이상의 추가공급 가능량이 산정되었으며, 홍수기를 제외하면 2,600,000m<sup>3</sup> 이상이 산정되었다.

3. 성주댐의 10년 빈도 발관개 필요수량 산정결과 10년 빈도 발관개 필요수량은 2,032,988m<sup>3</sup>이며, 동화댐은 2,274,000m<sup>3</sup>으로 산정되었다.

4. 성주댐의 최소 20,000,000m<sup>3</sup> 이상의 추가공급 가능량은 성주의 주요 발작물 필요수량의 약 10 배에 해당하는 수량이며, 이 용수를 비관개전의 관개용수로 사용할 수 있을 것으로 판단된다. 동화댐의 경우 1998년과 2001년과 같은 극심한 가뭄년을 제외하면 추가공급 가능량의 확보가 가능할 것으로 판단된다.

#### 참 고 문 헌

1. Kim, Sun Joo, Kim, Phil Shik, Lee, Joo Yong, 2004, Seasonal Water Level Management Method of Irrigation Dams, Proc. Annual Conference Korea water resources association 2004 pp.216
2. Kim, Phil Shik, 2004, Operation Standard Establishment and Development of Effective Storage Management Model of Small Dams, Ph.D. thesis: Konkuk University
3. Lee, Joo Yong, 2004, Water Use Enhancement of Small Dams Using Periodical Management Storage Level, MSc. thesis: Konkuk University
4. FAO, 1998, Crop evapotranspiration, FAO Irrigation and Dainage Paper 56