

농업용수 최적관리기법 연구

최예환* · 이광야**

(* 강원대학교 농업생명과학대학 농공학과 · ** 농어촌진흥공사)

Study on The Optimum Management Technique of The Irrigation Water

Choi, Ye-Hwan* · Lee, Kwang-ya**

* Dept. of Agric. Engineering, College of Agriculture and Life Science
Kangwon National Univ., Chuncheon, 200-701, Korea

** Rural Development Corporation, P.O. Box 12, Anyang,
Kyonggi, 430-600, Korea

적 요

2000년대에는 심각한 용수부족이 예상되고 환경오염에 따른 기상조건의 변화로 수자원이용예측 또한 쉽지 않게 되고 있다. 전통적인 수도작 위주의 단일목적 용수개발에서 탈피하여 농어촌의 생활용수를 포함한 공업용수, 축산용수, 수산용수 등의 농어촌 물수요를 충족시키기 위한 다목적 개발체제로 전환하고 있다. 아직도 한수해가 식량생산에 큰 영향을 미치고 있으며 물 수요 또한 꾸준히 증가하고 있다. 농업용수 활용의 극대화를 위해 많은 재원을 필요로 하는 수리구조물의 증설보다 기존구조물의 보강 및 새로운 조작체계를 개발하는 것이 바람직할 것이다. 이를 위해 관개용저수지의 저류량과 강우량을 이용하여 용수공급지수를 개발하였고 수리시설물의 현황을 조사하였다. 한해피해가 많았던 1993년에서 1995년사이의 예당, 탐정, 나주, 대아 저수지 유역을 대상으로 WSI(Water Supply Index)를 산정하여 한발특성을 고찰하였다. 우리나라의 지형 및 기상특성으로 각기 다른 강우에 의해 지배를 받으므로 비주기적이고 국부적인 한발양상을 나타내었다.

I. 서 론

늘어가는 농업용수 수요에 대처하기 위해서 한발을 정량화하여 지역 용수공급의 원활함과 수리시설물의 현황을 파악하여 적절한 개보수를 통한 최적물관리가 필요하다. 한발의 피해는 점차적으로 증가하고 있으나 이에 대처하기 위한 수단의 개발은 미흡한 실정이다. 한발을 규정하는 조건들은 지역이나 강우량에 따라 다양하게 변화하기 때문에 보편적

인 기준을 세우기가 어렵다. 일반적으로 관련된 전문분야에 따라 다섯가지 기준으로 정의하고 있다.

첫째, 주어진 기간의 강수량이나 무강수 계속 일 수 등으로 정의하는 기상학적 강수 한발, 둘째 월별 또는 년별 평균값과 당해연도의 월별 또는 연별 강수량과의 백분율로 정의하는 기후학적 강수 한발, 셋째 기온, 바람, 및 습도 등에 의해서 정의하는 대기 한발, 넷째 농작물의 생육에 직접 관계되는 토양수분에 의해서 정의하는 농업 한발, 다섯째 하천, 저수지, 지하수 등의 수위에 중점을 두고 용수 부족에 의해

정의하는 수문 한발로 나눌 수 있다.

강우량 부족과 증발산에 연구된 기후 변수들과 같은 농업 상의 한발을 일으키는 요인들은 시간과 공간적인 측면에서 일정치가 않다. 홍수나 한발과 같은 일정치 않은 자연의 재해와 싸우는 보통의 방법들은 보험이나 공학적인 구조물과 같은 실리적인 방법들과 어떤 발생 확률을 가지고 어느 정도 피해를 감수하는 설계에 의한 방법이다.

우리나라 농업용수개발은 전통적인 수도작위주의 농업 즉 단위목적 용수개발에서 농어촌 생활용수를 포함한 공업용수, 환경오염방지 용수, 축산용수, 수산용수 등 물수요를 종합적으로 개발 하고 다목적 개발체제로 전환해야 한다는 개념으로 바뀌고 있다.

한발 대책을 기간에 따라 분류하면 장기와 단기로 구분할 수 있다. 장기 대책은 저수지, 보, 양수장등과 같은 수리시설물을 꾸준히 설치해 가는 것이다. 시설시공에 관한 연구와 운영, 관리하는 연구등이 장기 대책을 위해 연구 되어왔다. 단기 대책은 한발 피해를 최소화 하는데 연구의 중점이 주어진다. 이를 위해 객관적 평가 방법이 요구 되어왔다.

본 연구에서는 기존의 정성적인 한발측정에서 정량적인 정의, 즉 한발의 정도를 수치화하여 지역적인 편차없이 용수공급의 활용성을 표현하는 지수를 개발하고 이를 바탕으로 지역 용수공급의 원활함을 기하고자 하며 한발을 강우량과 저수지 저류량의 함수로 표현하여 정량적인 기준이 될수 있도록 정의하고 자료의 통계적 확률분석을 통하여 국부적이고 지역적인 편차가 큰 우리나라 한발특성을 규명하고 기초 수문자료로서의 한발지수를 이용하는 계기가 되고자 한다. 또한 우리나라 수리시설물의 현황을 파악하여 적절한 관리 대책을 제시코자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 한발 분석을 위한 추계학적 방법 고찰

어떤 대상구역의 실측 기록치에 대한 한발 분석의 일반적인 접근방법은 기록치로부터 한계기간 (Critical period)을 추출하여 분석을 시행한다. 즉, 용수수요와 수문학적 입력자료의 주한적인 조합에 의해 이루어지는 한계 기간을 한발분석의 경계조건으로 사용하는 것이다.

미국의 경우 1976~1977, 1980~1981년 서부지역에서 발생한 한해로 인하여 한발대처 방안에 대한 인식이 크게 고조되어, Palmer의 가뭄 지수(Drought index)가 한발을 수치화 하고 이에 적극적 대응을 하고자 하는 연구가 활발히 진행되었다.

한발 피해를 최소화 하기 위한 한발 예측지표로서 DRP (Colorado Drought Respones Plan : 1981)에서 표면유인자(강우, 강설, 하천유출, 저수지, 저수량)로 구성된 SWSI (Surface Water Supply Index)를 개발하였다. 초기의 SWSI는 미토양보전국(SCS), 지질조사국, Colorado 기상청에서 한발을 수치화 하므로써 한발에 대처 하기 위한 기초 자료를 얻기 위하여 사용되었다.

미서부에서 용수의 주 공급원은 저수지 저류량과 하천 유출인 까닭에 이 지수는 단순히 “젖은/마른”으로 표현하는 다른 방법보다 더 특별한 것이다. 이 지수의 기본적인 개념은 각 인자들의 비초과 확률공수를 사용하는 것이다. 이 개념은 매우 중요하며 다른 변수들의 지역들 사이에 물 공급 능력의 비교를 가능케 하는 것이다. 여기서 비초과 확률 (Non-exceedance Probability)은 변량의 누가확률 $P(X \leq x)$ 를 의미한다.

용수 공급이 단지 평균의 퍼센트로 표시될때는 그 값이 얼마나 드문 일인지는 가리키지 않는다. 시계열(time series)상의 비초과 확률로서 용수 공급의 표시는 모든 지역을 하나의 동일한 지점에 놓는다. 둘 혹은 더 많은 지역들의 동일한 확률이다. 심지어 그 평균의 백분율이 다르다 할 지라도, 용수 공급이 그것의 발생 빈도 기간에 있어서 같다는 것을 가리킨다.

2. WSI의 개발

미 서부지역에서 개발된 표면유출공급지수(SWSI)는 4개의 수문인자(설원, 강수, 유출, 저류량)의 비초과 확률을 누적하고, 가중치를 둔 합계로서 수식화 되었다.

$$SWSI = \frac{aP_{snow} + bP_{prec} + cP_{strem} + dP_{resv} - 50}{12}$$

여기서 a, b, c, d ; 각 수문인자의 가중치 (a+b+c+d=1)
P ; 각 인자의 비초과 확률 (%)

50을 빼는 것은 SWSI 값들을 0 가까이 집중시키는 것이고, 12로 나누는 것은 -4.17과 +4.17 사이에 값들의 범위를

제한시키는 것이다.

미 토양보전국(SCS)은 SWSI의 유용성과 Colorado 이의에 다른 곳의 적용을 위하여 지수의 재검토 필요성을 인식하였다. 비초과 확률들은 각 수문인자들의 적절한 확률 분포로부터 얻어진다. 설원과 강우 변수들은 관개 유역 근처나 그곳의 몇몇 장소들로 부터 얻은 data의 일반적 총계나 가중된 총계이다. 유출과 저류량 변수들은 관측점 용량의 총계들이다.

1990년 초에 지금까지의 SWSI를 검토하고 대처 공식을 검토하기 위해 Colorado 주립대학의 Colorado 기후 센터와 SCS가 공동으로 연구를 시작하였다. (Doesken etal 1991a, 1991b) 기존의 SWSI의 개념적 약점으로 기초 data의 사용법과 지수의 통계적 확률에 있다.

앞서 말했듯이, 기존 SWSI의 각 수문인자는 가중치를 갖는다. Colorado와 Motana의 경우 유역 용수의 유용성은 각 인자 영향의 주관적 평가에 의해 얻었다.

기존 SWSI에서 주시된 다른 약점은 비초과 확률들이 조정되는 방법이다. 임의의 변수들을 연대적으로 분포시키기 위해 수문인자가 필요하다. 이런 변수들의 인식으로 인한 공동의 비초과 확률은 단변수의 비초과 확률들의 가중된 총계와 같지 않다. 더구나, 비초과 확률들의 가중된 총계의 결과는 통계적으로 하나의 비초과 확률 그 자체처럼 쓰일 수 없다. 기본적인 통계 사실은 한 임의의 변수 누적분포작용의 단순한 값인 비초과 확률들이 통일적으로 분포된다는 것이다. 만약 x 가 하나의 임의의 변수이고 F 가 하나의 누적분포포라면 $Y = F(x)$ 는 (0, 1)사이에서 통일적으로 분포한다. (DeGroot, 1986)

임의의 변수들의 총계분포인 통계적 형태들의 주요 한계법칙들은 그것들의 개별적 분포들과 관계 없이 대개 정상적으로 분포된다. (Do Groot, 1986) 그러므로, 4개의 비초과 확률들의 가중된 통계는 통일적으로 분포되지 않는다. (Shafer와 Dezman, 1982)

본 연구에서는 용수 수요에 대응하여 유역의 강우량과 저수지 저류량(저수율)의 순별 비초과 확률을 구하여 한개의 유역 안에서 서로 다른 변수들을 사용하여 용수 공급의 활용성을 비교해 보았다. 평균적인 퍼센트로 한발지표를 정의한다면 그 수치는 아무런 유용성을 나타내지 못하므로, 확률적 해석치로 부터 한발을 정의할 수 있는 지표를 구하는 것은 결코 쉽지않다. 우리나라의 경우 중요 관개용수원은 저수지이다. 수리안전담의 확장을 위해 1970년대를 중심으

로 많은 수리시설물을 축조하였으며, 향후도 용수 수요를 충족시키기 위해 계속 증축될 것이다. 관개유역에서 주 용수 공급원은 저류량과 강우이다. 이 수문학적 인자들을 사용하여 한발을 규정하기 위한 지표로서 Palmer의 가뭄지수 이후에 한발 예측을 위하여 개발된 수정 SWSI(Doesken et al, 1992)를 이용하여 연구대상 유역의 WSI(Water Supply Index)를 개발하였다.

이를 구하기 위한 단계적 절차는 다음과 같다.

① 유역의 선정

② 유역내의 강우량과 저류량을 파악

- 강우자료와 저수지 저류량은 시간적 자료로 구성되며, 각각의 측정치는 서로 큰 상관성을 표현한다.

③ 확률 분포 작성

- 확률 분포 함수 : Gamona, Normal, Log-Normal etc.

④ 저수지 저류량은 불규칙한 분포로 나타날 수 있으며, 현지 여건상 정확한 산정이 어려울 수 있다. 이런 경우 경험에 의해 저류량을 추정할 수 있다.

⑤ WSI의 순별 시계열 산출

- 단계 ③의 확률 분포를 이용하여 저수지 저류량과 강우 변수에 대한 비초과 확률 산정
- 지수 산정

$$WSI = \frac{P - 50}{12} \quad P : \text{수문인자의 비초과 확률}$$

WSI의 이론적 발생주기는 다음의 범위에 속하게 된다.

- +2 이상 : 시계열의 26 %
- 2 ~ +2 : “ 48 %
- 3 ~ -2 : “ 12 %
- 4 ~ -3 : “ 12 %
- 4 이상 : “ 2 %

3. 농업 수리시설물 현황

현재의 수리시설 내용을 관리주체별로 구분하면 <표 1>과 같으며 농조관리시설의 73%가 저수지이고 양수장 24%, 보 2%, 집수암거 관정이 1%를 차지하고 있어 대부분 저수지와 양수장에 의존하고 있음을 알수있다.

<표 1> 시설물별 관개면적 (1994, 농림수산부)

구 분	농 조 관 리		시 군 관 리		몽리면적	백분율(%)
	개소수	면적(ha)	개소수	면적(ha)		
저 수 지	2,926	365,437	15,303	144,593	510,030	53
양 수 장	2,554	119,843	3,218	43,141	162,624	17
보	3,494	11,891	15,037	94,290	109,181	11
집수암거	526	2,893	3,568	18,674	21,567	3
관 정	500	26	9,229	17,491	17,518	2
기 타	-	-	-	134,953	134,953	14
합 계	10,050	499,730	46,425	456,143	955,873	100

<표 2> 시설별 한발 빈도별 관개면적(농업기반조성 통계연보 1993)

(단 위 : ha)

구 분	한 발 빈 도 별 관 개 면 적					
	계	평 년	3 년	5 년	7 년	10년이상
계	972,890 (100%)	318,510 (32.7%)	139,220 (14.3%)	49,814 (5.1%)	68,008 (7.0%)	397,338 (40.9%)
저 수 지	530,544	147,383	87,994	35,170	40,777	219,220
양 수 장	132,144	12,026	11,823	2,904	7,472	97,919
양배수장	34,702	893	87	53	10,616	23,054
배 수 장	847	285	252	30	-	280
보	115,698	35,935	25,210	7,878	7,316	39,359
집수암거	22,375	6,639	6,450	814	690	7,783
관 정	16,619	4,789	4,663	1,194	458	5,515
기 타	11,961	110,561	2,742	1,171	678	4,209

<표 2>에서 보는 바와 같이 10년 빈도 이상의 한발에도 관개할 수 있는 능력을 가진 수리시설은 전체 관개면적의 40.9%에 불과하며 <표 3>에서와 같이 1966년 이전에 설치된 노후시설물이 41.4%, 대부분 노후화된 1976년 이전이 71.2%를 차지하고 있다. 또한 <표 4>에서 보는 바와 같이 저수량 10만톤 미만의 소규모 저수지가 전체의 90%로 내한 능력면에서 큰 취약점을 안고 있다.

시설물의 유지관리라 함은 각종시설의 실태를 항시 정확하게 파악하여 보수하므로써 노후나 파손을 방지하고 그 시설의 수명을 최대한으로 연장하여 시설 본연의 기능을 충분히 발휘할 수 있도록 하는 기술적 처리와 사무적인 관리를 말하는 것이며, 시설물의 변경, 개량, 폐합까지도 이 범주에

포함된다.

수리시설물은 농지개량조합과 시,군이 관리하고 있으며 관리구분은 50ha 이상의 몽리구역을 가진 시설은 농지개량조합에서 그 이하의 몽리구역을 가진 시설은 시,군에서 관리한다.

한편 60-70%의 국고보조를 투입하여 설치한 농업 수리시설은 구역내의 몽리농민의 중수 수익에 의해 장기채의 연부상환과 유지관리비 부담을 원칙으로 한 것이었기 때문에 설치후의 개보수에 따르는 정부의 지원은 농지개량조합의 경우 극히 제한된 범위에서의 용자에 불과했다. 1970년 이래의 농업수리시설 개보수사업의 실적은 1986년까지 거의 보조지원이 따르지 못했을 뿐만아니라 용자지원도 미비했다.

<표 3> 준공년도별 시설물 현황(농업기반조성사업통계 연보 1993)

(단위 : 개소)

구 분	1945년 이 전	1946 -1966	1967 -1971	1972 -1976	1977 -1981	1987 -1992	계
계	16,191	7,100	11,180	5,604	7,761	3,499	56,259
저수지	10,046	3,900	2,525	747	591	158	18,281
양수장	166	483	683	582	1,718	599	5,257
양배수장	20	20	17	16	20	12	118
배수장	11	22	22	44	26	97	292
보	5,731	2,503	2,532	3,544	2,832	603	18,609
집수암거	172	140	1,996	478	1,031	75	4,141
관정	28	32	3,405	193	1,543	1,955	9,561

<표 4> 저수지 유효저수량 규모별 개소수(농업기반조성사업통계 연보 1993)

유효저수량	개소수	유효저수량	개소수
계	18,281(100%)	500만 - 700만	13 (0.1)
10만톤 미만	16,460 (90)	700만 - 1,000만	9
10만 - 50만	1,148 (6.3)	1,000만 - 1,500만	12 (0.1)
50만 - 100만	320 (1.8)	1,500만 - 2,000만	6
100만 - 200만	195 (1.1)	2,000만 - 2,500만	6
200만 - 300만	57 (0.3)	2,500만 - 3,000만	5
300만 - 400만	29 (0.2)	3,000만 - 4,000만	2
400만 - 600만	18 (0.1)	4,000만 ton 이상	1

그러나, 물리농민의 부담에는 한계가 있었고, 이들이 내는 조합비로 개보수를 감당하기는 어려운 가운데 개보수의 수요는 누적되어 왔다. 전국의 농업수리시설의 개보수 대상에 대한 소요액은 2조 1,179억원에 달하고 있다.

III. 결과 및 고찰

1. 한발 데이터베이스 시스템 구축

WSI를 적용하기 위해 Data Base for Water Supply Index System (DBWIS)를 개발하였다. 따라서 유역을 구분하고 해당 유역의 용수관리 체계를 파악하여 유역의 기상 관측소로부터 분석에 필요한 수문자료를 수집하여 자료의

DB화와 분석을 실시한다. 또한 저수지 저류량 자료를 수집 분석하여 한발지수를 구할 수 있는 DB를 구축한다.

이때 확률 분석치의 정도는 자료의 수집기간이 길수록 좋다. 이렇게 해서 한발 DB 시스템이 완성되면 한발을 수치로 표현할 수 있으며, 기존의 자료를 이용하여 한발 예측이 가능하고 그 결과에 따라 용수공급을 모의로 조작하여 향후 한발이 발생할 때 적절한 물관리를 위한 기초 자료를 제공하게 된다.

2. 내용 및 방법

기존 한발피해가 있었던 기간의 유역 수문자료를 수집하여 저수지 저류량 자료로부터 일반화 또는 지역화 할 수 있는 인자를 산출하여 대상 유역의 WSI를 산정하며 동시에

한발의 특성을 분석하여 한발 데이터 베이스를 구축 한다.

각 인자들의 확률적 분석을 통해 계적적 차이가 큰 우리나라의 기후 특성을 파악하고 현재까지의 한발을 수치로 기록하여 효율적인 용수관리에 필요한 기초 자료를 제공한다.

DB를 구축하기 위한 대상 유역의 저수지는 탐정, 예당, 대아, 나주호이며 대부분 대용량의 저수능력과 넓은 관개면적을 가지고 있다. 큰 유역을 선정한 이유는 지역별 특색이 명확하며 기록의 보존이 잘되어 있고 각 유역 모두 우리나라 관개 특색을 잘 표현하기 때문이다.

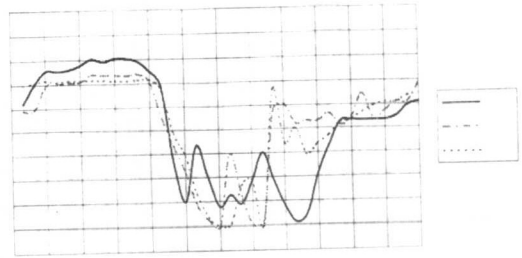
1987년부터 1995년까지의 순별 저류기록을 취득하여 DB를 구축하였다. 각 저수지의 제원은 <표 5>과 같다.

3. 용수공급지수(WSI) 산정

네곳 해당 유역에서 구축된 강우량과 저수지 저류량 자료 중 '87년 ~ '95년(9개년)사이의 용수공급지수를 산정하였다. 산정된 지수중 '93년 ~ '95년(3개년)결과를 분석하여 극심했던 작금의 한발을 정량적으로 표현하였다. 우리나라 한발의 특색은 전국적으로 동시에 한해가 발생하지만 지역에 따라서 그 정도가 상이한 것을 나타냈었다. 자료에서 '88년과 '92년, '94년 ~ '95년의 저류량이 예년에 비해 적은 수치를 기록했는데 지형적요인에 따른 강우사상으로 서로다른 회복률을 나타냈다. 예당은 1992년과 1993년에 한발이 발생한 것으로 나타났으며, 대아는 1988년과 1990년 후반기와 1992년 중반에 한발이 발생하였고, 탐정은 한발의 지속기간이 짧았고, 나주호의 경우 1988년과 1991년 후반과 1989년, 1990년 중반에 한발이 발생한 것으로 나타났다. 또한 '94년 ~ '95년의 경우 전국적으로 2년연속한해가 발생하여 농업용수 뿐만아니라 생·공용수의 부족까지 초래하여 과거와 다른 한해발생 빈도를 나타냈다.

예당저수지는 관개면적이 7,730.1ha로 큰편이며, 사수량이 이주적은 저수지로 하류에 삼교호가 있다. 최근에는 삼

교호와 일부 물리대체 급수를 실시하였고 1991년의 예당지의 관개실적은 7,040ha 였다. 예당지 유역의 WSI는 <그림 1>과 같으며 '93년~'95년(3개년) 모두 관개기에 한발이 발생했음을 나타냈었다. 예당지의 경우는 다른 세곳과 달리 '94년과 '95년에 연속성이 적게 나타났는데 이는 우리나라 한발의 국부적 경향을 잘 나타내주고 있다.



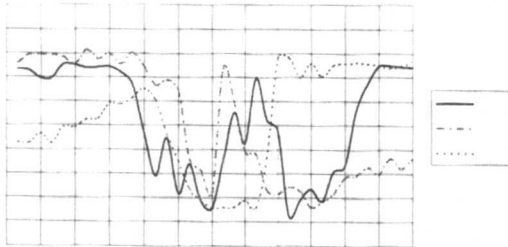
< 그림 1 > 예당호 유역의 용수공급지수

탐정, 대아, 나주호 유역의 WSI는 <그림 2 ~4>와 같으며 '93년~'95년(3개년) 모두 관개기에 한발이 발생했음을 나타냈었다. 탐정호의 경우 '93년과 '94년은 관개기인 4월 중순이후 부터 WSI값의 감소가 나타났으며 '95년의 경우 비관개기인 1월 ~ 4월도 낮은 값을 나타냈는데 이는 2년연속 한발이 발생하였음을 알 수 있다. 또한 '95년 장마기의 강우로 인해 한발이 해소하였음을 알 수 있다. 나주호의 경우는 탐정호와 유사한 경향을 나타냈는데 연속적인 한발발생에도 불구하고 '95년 3월과 4월의 강우로 '95년 4월경의 WSI값이 많이 회복한 것을 알 수 있다. 이로인해 이 유역의 '95년 중반의 한발은 큰 피해가 발생하지 않음을 알 수 있다. 또한 '94년 후반기의 WSI값이 연속적으로 최저치를 유지하여 농업용수 이외의 생,공용수 부족이 발생하였음을 나타낸다. 대아지유역의 WSI값의 변화는 나주호와 상당히 유사하다. 그러나 지형적인 요인으로 각각의 특성은 구별할 수 있다. 나주호와 마찬가지로 '94년 후반기가 연속적 최저치를

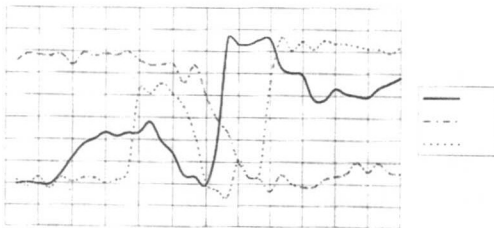
<표 5> 대상유역의 수문학적 특성

구 분	유효저수량 (ha-m)	유역면적(ha)	준공년도	몽리면적(ha)	관할농조
탐 정	3,161.1	21,880	1945	5,862.4	논 산
예 당	4,607.1	37,360	1964	7,730.1	예 당
대 아	5,464.6	12,000	1945	12,228.9	전 북
나 주	9,083.2	10,470	1976	9,492.9	영상강

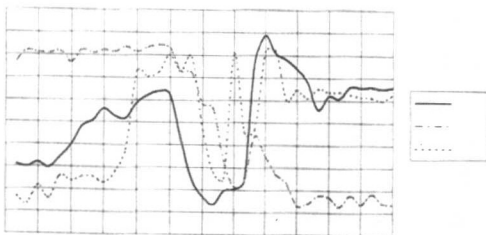
표현하였고 '95년 상반기의 강우로 회복세를 유지하는 듯 하였으나 후반기의 일시적인 한발이 발생하여 나주호에 비해서는 한발의 영향이 컸음을 알수 있다.



< 그림 2 > 탐정호 유역의 용수공급지수



< 그림 3 > 대아지 유역의 용수공급지수



< 그림 4 > 나주호 유역의 용수공급지수

4. 수리시설물 개선방안

가. 제도적 측면

수자원 이용의 극대화를 위하여 오염에 대해 강력하게 제재할 수 있는 법적, 제도적 뒷받침이 필요하다. 또한 용수관

리에 능동성 부여하는 방안으로 자치조직을 활성화하여 말단수로를 유급으로 관리토록 한다. 내구연한이 경과된 노후 시설물, 기능장애가 심한 시설물은 재개발 차원에서 광역수리시설 체계를 갖추고 현재의 시설기준에 적합한 시설체계를 갖추도록 한다. 수리시설물 관리는 유지관리 차원이 아니라 사회간접자본 관리차원에서 지속적으로 관리되도록 재정적 지원이 필요하다.

나. 계획, 설계 측면

농어촌인구의 감소와 노령화, 부녀화 현상으로 시설물관리의 생력화와 자동화의 필요성이 크게 부각되었으며 기술의 발달은 시설물관리의 자동화를 가능케 하였다. 다만, 자동화의 선결과제로 간선-지선-지거-경지의 용수시스템이 지켜지도록 용수로 체계를 변환하여 간선에서의 분기점을 줄이고, 이를통해 관리의 생력화를 유도고 효율적 자동화기반을 구축하도록 한다. 수초의 번무 등 유속을 감소시키는 요인이 발생하여 용수로의 현대화가 절실히 요구되고 있으며 관리손실을 최소한으로 줄일 수 있도록 관리용 도로의 확보도 필요하다. 안전시설을 설치하여 주민의 안전을 확보하고 급작스런 자연환경의 변화에 대한 시설물의 안전도도 모하여야 한다.

다. 관리 측면

노후화된 수리시설물에 대한 지속적인 투자 필요와 더불어 수리시설물에 대한 주인의식 함양하여 노후화된 시설물의 기능 발휘가 불량한 현실에서 일부 몽리인들의 인식부족으로 시설물이 파손되고 관리손실이 증대되고 있어 시설물에 대한 주인의식과 사명감을 가지도록 해야한다. UR과 WTO체제의 출범에 따라 수도작 위주의 작부체계가 많은 변화를 가져와 첨단시설을 이용한 전천후 농업체계로 변환하고 있다. 근년에 와서는 경지정리의 시행, 배수개선사업 등에 따라 관개된 용수가 경지에서 배수로로 배수됨으로 용수의 재이용율이 저하되고 있어 이를 높여 관리손실을 최소화하도록 한다.

IV. 결 론

농업용수의 최적관리를 위해서 수리시설물의 자동계측,

자동제어, 합리적인 배수의 필요성이 커지면서 자동화, 집중 제어관리가 요구되고 있다. 또한 부족한 수자원의 이용을 극대화하기 위하여는 지역주민의 숙원사업이라는 관점에서 정치적 공약사업으로 추진하기보다는 종합적이고 전면적인 검토하에 사업이 이루어져야 하며 기존의 수리시설물 관리에도 전반적이고 적극적인 대책을 수립할 수 있는 정책전환이 필요하다.

앞으로 다가올 용수부족을 해결하기 위해 현재까지는 주로 수리구조물을 신설하거나 증축함으로써 부족한 용수를 보충하고자 하였으나 농업용 수리시설물의 현황을 정확히 파악하여 관리의 효율을 제고하는 기법의 도입과 한발울 정량적으로 파악하여 용수관리에 있어 능동적인 대책을 수립하는 소프트웨어의 증대가 요구된다.

본 연구는 우리나라 농업용 수리시설물 관리의 문제점을 파악하여 해결방안을 모색하였으며 관계용저수지의 저류량과 유역의 강우량으로 한발을 표현하고 이를 바탕으로 저류량을 예측코자 하였다. 용수공급지수(WSI) 분석 결과 현재의 상황을 수치화하였고 저류량예측의 가능성을 발견하여 농업용수최적관리의 기초자료를 제시할 수 있었다. 네곳의 WSI 분석을 통해 다음과 같은 확률적 특성을 알 수 있었다.

1) WSI가 0인 경우 확률분포의 왜곡도 때문에 저류량과 강우량 WSI값의 평균에 100% 대응하지 않는다. WSI의 최대치는 수문인자의 변화가 크지 않았기 때문에 비초과확률 값에서 극치를 나타내지 않았다. WSI는 수량 또는 단계상의 비율적 확률변화에서 유래하지 않는 확률변화 지수이다.

2) 용수공급지수는 항상 저류량 지표와 강우지표 사이에 있는 것이 아니다. 이것은 각 인자의 INDEX가 반대부호를 가질때만 참값이 된다. 만약 각 인자의 INDEX가 같은 부호 일때는 용수공급지수는 각 수문인자의 INDEX보다 큰 수치를 가지게 된다. WSI의 극치는 두 인자가 각각 INDEX의 극치를 나타낼 때보다 더 적은 확률적 빈도를 나타내게 된다.

3) 과거 기록과 1993년에서 1995년의 용수공급지수로부터 +2 이상은 충분한 용수공급, +2 ~ -1 은 거의 정상적 용수공급, -1 ~ -2 는 약간의 가뭄, -2 ~ -4 는 심한 가뭄, -4 이상은 매우 심한 가뭄으로 한발을 분류할 수 있다.

농업용수 관리의 최적화를 위하여 한발 발생시 능동적인 대책수립을 위한 기초자료의 필요성과 더불어 수리시설물의 제도적, 기술적 관리기법에 따른 개선방안이 필요하며, 제도

적 측면으로서 농업용 수리시설물의 관리는 유지관리 차원이 아니라 사회간접자본 관리차원에서 지속적으로 관리되도록 제도적, 재정적 지원이 요구되고 있다.

기술적인 측면으로는 과거에 비해 시설물 관리의 생력화와 자동화의 필요성이 크게 부각되어 시설물관리의 자동화가 가능케 되었지만, 자동화의 선결과제로 간선-지선-지거-경지의 용수시스템이 지켜지도록 용수로 체계를 변환하여 간선에서 분기점을 줄이고, 이를 통해 관리의 생력화를 유도하고 효율적 자동화 기반을 구축하도록 한다. 또한 안전시설을 설치하여 수리 시설물 주변의 주민 안전을 확보하고 급작스런 자연환경의 변화에 대한 수리시설물의 안전도도 모호하여야 할 것이다.

참고문헌

1. Alley, W. M., 1984. The Palmer drought severity index: limitations and assumptions, J. of Climate and Appl. Meteorology. 23(7), pp 1100-1109
2. Alley, W. M., 1985. The palmer drought severity index as a measure of hydrologic drought, Water Resour. Bulletin, 21(1). pp 105-114
3. Askew, A. J., W-G. Yeh, and W. A. Hall, 1972. A comparative study of critical drought simulation, Water Resour. Res, 7(1), 52-62
4. Barbara Bund Jackson. 1975. Markov Mixture Models for Drought Lengths, Water Resour. Res. pp 64~74
5. Biwell, V. J. 1972. Agriculture Responesto Hydrologic Drought, Colorado state University
6. Blake, C. D. 1967. Fundamentals of modern agriculture, Sydeny University press
7. Chang, T. J. 1987. Drought analysis in the Ohio River Basin, Proc. Engineering Hydro., ASCE, 601-609
8. C. H. M. van Bavel. 1959. Water Deficits and Irrigation Requirements in the Southern United States. Journal of Gkophysical research Vol 64(10). pp 1597~1604
9. DeGroot, M. H, 1986. Probability and statistics Ed, Addison-Wesley, Reading, Mass.

10. Doesken, N. J, T. B. McKee and D. Garen, 1991a. Drought monitoring in the western United States using a Surface Water Supply Index, 7th Conf. Appl. climatology, Proc. American Meteorological Society, Boston, Mass.
11. Doesken, N. J, T. B. McKee and J. Kleist, 1991b. Development of a Surface Water Supply Index for the western United States, Climatology Report Number 91-3, Colorado Climate Ctr. Dept. of atmospheric Sci. Colorado State Univ. Fort Collins, Colo.
12. Efronymson, J. C. 1960. Multiple regression analysis in "Mathematical models for digital computers": A. Ralston and H. S. Wilf, Wiley, pp 191~203
13. Garen, D. C, 1992. Improved techniques in regression-based streamflow volume forecasting, J. Water Resour. Plng. Mgmt. ASCE, 118(6), pp 654~670.
14. Graeme M. Smart. 1983. Drought Analysis and Soil Moisture Prediction. ASCE. Vol. 109(2). pp 251~261
15. Gumble, E. J., "Statistical Forecast of Drought National Science Foundation" Public Health Service W. P. 00457~01.
16. Gupta, C. K., and Duckstein L. 1975. A stochastic analysis of extreme droughts. Water Resour. Res., 11(2). 221~228
17. Huff, F. A. and Changnon J. Relation between precipitation, Drought and low streamflow Surface Water. Pull 63, pp 167~180
18. Jackson B. B. Markov 9175. Mixture models for drought lengths, Water Resour. Res, 11(1) 4~63
19. Lamm, R. D, 1981. The Colorado drought response plan. state of Colorado, Office of the Governor, Div. of disaster Emergency Services.
20. Millan J. & V. Yevjevich, 1971. Probabilities of Observed Drought, Hydrology Papers, Colorado State Univ, Fort Collins, Colo.
21. Michael, H. Glantz. 1982. Consequences and Responsibilities in Drought Forecasting: The Case of Yakima, 1977. Water Resour. Res. Vol. 18(1). pp 3~15
22. Palmer, W. C., 1965. Meteorological drought, Research Paper No. 45, U.S weather Bureau, Washington, D.C.
23. Tiao J. Chang. Investigation of Precipitation Droughts by Use of Kringing Method. ASCE. pp 935~943
24. Vuay K. Gupta. A Stochastic Analysis of Extreme Droughts. Water Resoures Research. pp 221~228
25. Whipple W. Jr. 1966. Regional drough freguence analysis, J. Irrig. Drain. ASCE 92(IR2), 11-31
26. William H. Bruvold. 1979. Residential Resposns to Urban Drought in Central California. Water Resoures Research. Vol 15(6). pp 1297~1304
27. 김선주, 여운식, 이광야, 1994. 소유역의 한발지표 정립, 한국관개배수1(2), pp 186~192
28. 김선주, 이광야, 신동원, 1995. 관개용 저수지의 한발지수 산정, 한국농공학회지 37(6), pp103~111
29. 농업진흥, 1985. 한발은 있어도 한해는 없다, pp 92-94
30. 농림수산부, 1993. 농업수자원 종합시스템개발
31. 농림수산부 1994. 수리시설물 관리의 문제점 및 개선방안 연구
32. 선우중호, 1995. 수자원 개발과 보존 대책, 한국수자원공사
33. 이천복, 1981. 한발에 대비한 지하수개발의 제언, 한국농공학회지
34. 한국수자원공사, 1990. 수자원장기종합계획보고서
35. 황 은, 최덕구, 1984. 월 강우자료에 의한 한발측정, 한국농공학회지