

## 한강 및 낙동강 유역의 양수장 지구 물관리효율 평가

### Assessment of Water Management Efficiencies for Irrigation Pumping Stations in the Han River and Nakdong River Basins

김 현 준\* · 김 철 겸\* · 김 승\*\*

Kim, Hyeon Jun · Kim, Chul Gyum · Kim, Sung

#### Abstract

The objective of this study is assessing water management efficiency using water withdrawals from rivers and water requirements for paddies. The water management efficiency was defined by the ratio of water requirements and water withdrawals. Water withdrawals were estimated using the operating times and pumping capacity of the pumping stations from 1992 to 1999 in the Han River and Nakdong River basins. Water requirements were estimated by adding the evapotranspiration of the crops and infiltrations in the irrigated area. Evapotranspiration from the paddies was calculated by the FAO modified Penman method with observed daily weather data.

The monthly water management efficiency was analyzed for each pumping stations and the district offices of KARICO (Korea Agricultural and Rural Infrastructure Corporation). The efficiencies of 59 pumping stations in the Han River basin varied from 19% to 135%, and the average was 61%. The efficiencies of 146 pumping stations in the Nakdong River basin ranged from 17% to 190%, and the average was 72%. There were no good correlations between the water management efficiency and pump capacity or irrigated area, it showed that the water management efficiency was affected by the traditional water management practices rather than the scale of irrigation district.

*Keywords : Water management efficiency, Irrigation water withdrawal, Irrigation water requirement*

#### I. 서 론

우리나라의 용수 수요는 1998년을 기준으로 연간 331억<sup>3</sup>m에 이르러 하천유출량 731억<sup>3</sup>m의 45%로 증가하였다. 용수수요 중에서 농업용수는 158억<sup>3</sup>m으로서 48%를 차지하고 있다. 한편, 증가되는 용수수요로 인하여 30년 1회 가뭄 발생시, 2011년에는 약 18억<sup>3</sup>m의 물부족이 발생할 것으로

\* 한국건설기술연구원 수자원환경연구부

\*\* 한국건설기술연구원 수자원의 지속적 확보기술개발사업단

\* Corresponding author. Tel.: +82-31-910-0266  
fax: +82-31-910-0251  
E-mail address: hjkim@kict.re.kr

전망되고 있다 (Kim, 2001).

우리나라의 물문제를 해결하기 위해서는 신규 수자원의 개발 계획과 아울러 기존의 확보된 수자원에 대한 효율적인 이용이 절실히 요구되고 있다. 수자원의 효율적인 관리와 이용을 위해서는 하천에서 실제로 취수하여 사용되는 양을 정확히 파악하고, 용수의 실제 사용량을 기준으로 한 유역별, 용도별, 지자체별 물사용에 대한 효율성을 평가·분석함으로써, 효율적인 물관리에 의한 수자원 절약이 필요하다.

농업용수의 관개효율은 수원공효율, 송수효율, 적용효율로부터 산정할 수 있다. 관개효율을 높이기 위해서는 현재 상태를 진단하여 관개수량의 측정, 수리시설 및 구조적 개선, 시설물의 현대화 등과 같은 구조적 방법과 급수시기의 조정, 조작방법의 개선, 물관리요원과 경작자들에 대한 교육과 지도의 강화 등과 같은 비구조적 개선방법이 있다 (Park, 2001).

농업기반공사는 「농어촌용수 집중관리시스템」을 개발하여 시험 적용하고 있다. 농어촌용수 집중관리시스템은 농민이 수리시설물을 직접 현장에 가서 조작하는 대신 중앙관리소에서 원격조종하여 용수공급을 관리하는 중앙제어식 물관리시스템이다. 그러나, 이와 같은 집중물관리시스템은 이제 초보단계로서 경기도 안성시의 안죽지구와 충청북도 충주시의 충주지구, 경상북도 상주시의 상주지구 등 7개 지구에 불과한 실정이다. 나머지 대부분의 관개지구는 관행에 의한 물관리 기술과 인력에 의존한 물관리 시설 운영을 하고 있으며, 수위 또는 유량에 대한 계측시설은 미비한 형편이다 (Chung, 1996).

미국 내무성 산하의 개척국(United States Bureau of Reclamation)은 관개지구에서 농업용수의 효율적 이용을 위하여 지침서를 작성하고, 이 지침에 의하여 캘리포니아주 사우스포크강의 스프링필드 관개지구에 대한 물사용 효율을 평가하였다 (USBR, 2000).

일본에서는 전체 용수의 67%가 농업용수로 사

용되고 있으며, 물관리효율을 높이기 위한 기술개발이 적극적으로 추진되고 있다. 1970년대부터 원격 계측장치를 활용하여 자료수집과 통제를 해왔으며, 누수를 최소화하기 위하여 대부분의 수로가 관수로로 되어 있다. 1990년 통계에 따르면, 전체 수로길이의 29.8%만이 개수로로 되어 있으며, 나머지는 관수로(60.2%)와 터널, 암거나 사이펀으로 구성되어 있는 것으로 조사되었다 (Yoshini, 1996).

국내의 경우 물관리에 대한 중요성을 인식하고 물관리를 위한 지침과 실무 요령 등을 제시하고 있으며, 효율적인 물관리를 위한 집중물관리 시설의 도입 등이 활발히 진행되고 있지만, 선진 외국에서와 같이 정량적으로 물관리효율을 산정한 예는 일부 수원공 시설에 대한 연구에 불과하며, 유역전체에 대한 분석은 자료의 부족으로 시도되지 못하였다.

본 연구에서는 하천관리자의 하천유수관리 업무의 지원을 목적으로, 농업용수의 공급량과 필요수량의 관계로부터 물관리효율을 평가하는 방법을 정의하고, 한강유역과 낙동강유역을 대상으로 농업기반공사 31개 지사에 속한 205개 양수장 지구의 실제 취수량과 기상자료에 의한 필요수량으로부터 지구별, 양수장별 농업용수 물관리효율을 평가하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 농업용수 공급량 ( $Q_{sup}$ )

본 연구는 하천관리를 위하여 하천에서 물을 취수하는 양수장 지구만을 대상으로 하고 있기 때문에, 유량계에 의하여 측정된 양이 있다면 그 자료를 직접 이용하고, 유량계 장치가 없는 시설물에 대해서는 양수장의 펌프 가동시간과 시설용량을 이용하여 다음과 같이 간접적인 방법을 이용하여 농업용수 공급량을 추정하였다. 이와 같은 방법은 건설교통부에서 수행한 5대강 하천수조사에서 적용된 바 있다 (Kim, 1997, Im et al., 2000).

$$Q_{sup} = \frac{C \times q_c \times T}{A} \quad (1)$$

여기서,  $Q_{sup}$  : 공급량 (mm),  $C$  : 단위환산계수,  $q_c$  : 펌프의 시설용량 ( $m^3/s$ ),  $T$  : 펌프의 가동시간(h),  $A$  : 면적 (ha)

## 2. 농업용수 필요수량( $Q_{req}$ )

관개지구에서 소비되는 물은 작물에 의한 증산량과 논에서의 수면증발량, 삼투량, 기타 손실 등으로 나눌 수 있다. 이들 요소는 기상(강우, 일사량 등)과 지구특성(토양, 시설, 관리 등)에 따라 좌우되므로, 이러한 조건 및 제한요소를 고려하여 필요수량을 산정하여야 한다.

일반적으로 논벼의 경우, 한 필지의 필요수량(순용수량)은 다음 식과 같이 나타낼 수 있다 (Chung et al., 2000).

$$Q_{req} = ET_p \times K_c + I - Re \quad (2)$$

여기서,  $Q_{req}$  : 필요수량 (mm),  $ET_p$  : 잠재증발산량 (mm),  $K_c$  : 작물계수,  $I$  : 포장침투량 (mm),  $Re$  : 유효우량 (mm)

필요수량을 산정하기 위해서 강우량, 평균기온, 평균풍속, 상대습도, 일조시간 등의 기상자료가 필요하다. 본 연구에서는 한강유역에 위치한 9개의 기상관측소와 낙동강유역에 위치한 12개의 기상관측소들에 대해 티센망을 구성하여 사용하였다.

잠재증발산량, 침투량, 유효우량의 산정과 직파재배에 대한 고려는 농촌용수수요량조사종합보고서(MAF·RDC, 1999)에서 제시한 방법을 이용하였다.

- 잠재증발산량 산정은 FAO 수정 Penman식을 이용하였으며, 작물계수를 적용하여 실제증발산량을 산정을 산정하였다.
- 침투량은 토양의 성질, 구조, 균열, 토층의 두께, 담수심, 경지의 고저차, 지질, 지하수위 등 여러

가지 요인에 따라 좌우되는데, 동 보고서의 부록에 제시된 값을 참고하여, 각 양수장 관개지구의 일별 침투량으로 적용하였다.

- 유효우량은 논에서의 일별 담수침투적방법을 적용하여 산정하였다.
- 직파재배는 이양재배에 비하여 용수수요가 증가한다고 보고되고 있으나 대상 양수장 지구에 대한 설문조사에서 직파재배는 거의 실시되지 않는 것으로 조사되었기 때문에 이양재배를 하는 것으로 가정하였다.

## 3. 농업용수 물관리효율( $E_{wm}$ )

관개시스템의 성능을 평가하기 위하여 효율이라는 용어를 많이 사용하고 있지만, 관점에 따라 많은 차이가 있을 수 있다. 물효율은 어떤 공간적 대상구역 내에 공급되는 총수량에 대하여 의도한 목적대로 소비된 수량 사이의 비율로 정의된다 (Tuong et al., 1998).

본 연구는 하천관리자의 하천유수관리 업무를 지원하는데 목적이 있으므로, 개별 관개지구내에서 발생하는 손실의 규모를 파악하여 적용하기보다는 하천으로부터의 취수량과 작물의 생육에 필요한 증발산량과 경작지에서의 침투량만을 고려한 필요수량에 대하여 평가하였다. 이렇게 함으로써 지구별로 차이가 발생할 수 있는 관리 손실의 영향을 배제할 수 있다. 산정된 물관리효율은 이론적으로 최적의 관리가 된다면 100%가 되겠지만, 농업용수 설계에서 이용하고 있는 수로손실과 관리손실 등을 감안한 25%의 손실을 고려한다면  $E_{wm}$ 의 값이 80%일 때가 설계 조건과 일치하게 된다 (Kim, 2001, Kim et al., 2000).

$$E_{wm} = \frac{Q_{req}}{Q_{sup}} \times 100 (\%) \quad (3)$$

여기서,  $E_{wm}$  : 물관리효율 (%)  
물관리효율을 산정하는 절차는 Fig. 1과 같다.

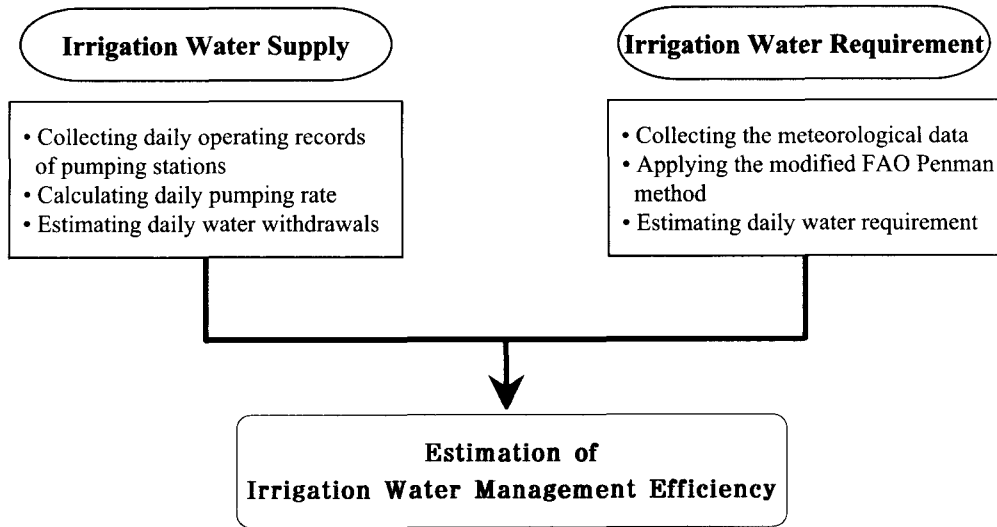


Fig. 1 A schematic diagram of assessing the irrigation water management efficiency

#### 4. 농업기반공사 물관리 현황 조사

한강유역과 낙동강유역의 농업기반공사 28개 지사를 방문하여 각 지사별 물관리 현황을 조사하였다. 물관리 담당자와의 면담을 통하여 양수장 관계 면적, 시설용량, 허가량 등과 같은 제원 정보와 양수장 운영 현황 등에 대한 관련자료를 수집하였으며, 물관리효율 산정 결과에서 과대 혹은 과소한 값을 보인 양수장의 경우는 보고된 취수자료의 정확성 여부 검토 및 실제 관계지구에 대한 면적 조사와 변동사항 등을 조사하여 반영하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 대상 양수장

본 연구의 대상 양수장은 한강유역과 낙동강유역의 농업기반공사 지사관리 양수장 중에서 1단 양수장이며, 주수원공만을 대상으로 하였다. 취수량 자료는 건설교통부에서 수행한 5대강의 하천수사용실태조사와 하천운영시스템개발연구에서 조사한 자료

Table 1 Water withdrawals of irrigation pumping stations in the Han River and Nakdong River basins (1992~1999)

Basin	Water withdrawals ( $10^6 m^3$ )								
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	
Han River	-	255.0	352.7	286.2	317.8	319.0	218.5	344.9	
Nakdong River	554.9	434.3	690.1	564.6	580.8	615.1	126.0*	94.0*	

\* : the number of reported pumping stations are less than that of the year from 1992 to 1997

를 이용하였다 (Kim, 2001). 유역별 취수량 조사 결과는 Table 1과 같다.

한강유역의 대상양수장은 Table 2에 제시한 바와 같이 11개 지사에 총 59개소이며, 한강 본류의 하류에 위치한 한강지사의 관계면적과 시설용량이 최대이고, 여주지사, 고양지사, 양평지사 등의 관계면적과 시설용량이 큰 것으로 조사되었다. 양수장 별로는 한강지사의 신곡양수장, 고양지사의 행주양수장, 여주지사의 능서1양수장, 양평지사의 염창양수장 순으로 시설용량이 컸으며, 신곡양수장의 경우는 시설용량이 전체 59개의 대상 양수장 시설용량 합계의 49%를 차지하였다.

Table 2 Irrigation pumping stations of KARICO in the Han river and Nakdong river basins

Basin	District office	No. of pumping stations	Irrigation area (ha)	Pumping capacity (m <sup>3</sup> /s)
Han River	Gangneung	4	216	0.74
	Goyang	1	2,999	10.31
	Goisan	7	442	1.88
	Yangpyeong	10	2,262	7.79
	Yeoju	15	2,749	10.66
	Weonju	3	357	0.96
	Eumseong	1	86	0.24
	Chungju	14	1,825	6.52
	Paju	2	505	1.14
	Hangang	1	11,920	38.33
Hongcheon	1	42	0.19	
Total		59	23,403	78.76
Nakdong River	Gyeongsan	2	49	0.81
	Goryeong	6	1,407	5.40
	Gumi	7	1,784	4.65
	Gimhae	27	9,336	62.36
	Dalseong	6	2,471	8.54
	Mungyeong	1	378	1.43
	Milyang	7	3,038	11.36
	Sangju	8	1,863	6.68
	Seongju	2	567	2.18
	Andong	8	2,390	8.09
	Yeongcheon	2	131	0.87
	Yecheon	4	2,150	20.70
	Uiryeong	3	548	1.71
	Uiseong	12	3,376	12.18
	Jinsan	18	1,631	10.03
	Changryeong	7	1,953	9.06
	Changweon	2	925	4.08
	Chilgok	5	596	3.02
	Haman	10	3,338	16.48
	Hapcheon	9	1,427	4.14
Total		146	39,357	193.77

낙동강유역의 대상 양수장은 20개 지사에 총 146개소이며, 낙동강 하류에 위치한 김해지사의 관개면적과 시설용량이 가장 크며, 양수장별로는 김해지사의 풍유양배수장, 예천지사의 풍양양수장, 의성지사의 양서양수장, 함안지사의 범수양수장 순으로 시설용량이 큰 것으로 조사되었다.

## 2. 양수기록에 의한 양수량 검증

Im et al.(2000)은 한강유역의 양수기록에 의한 양수량과 실측 양수량을 조사하여 연간 양수량의 상대오차는 1.4%~7.0%로서 평균 4.2%에 불과하여 양수기록에 의한 양수량을 사용할 수 있음을 보고하였다.

본 연구에서도 양수기록에 의한 양수량 자료의 정확도를 확인하고자, 낙동강 유역의 16개 양수장에 대하여 최대 급수기에 유속측정을 실시하여 양수장의 펌프시설용량과 실측유량을 조사하였으며, 낙동강하천수사용실태조사(Kim, 1997)에서 수행한 10개 양수장의 유량측정 결과를 포함하여 분석하였다. 관개용수로에서 유속 측정을 통하여 확인한 양수량은 펌프의 시설용량에 대해서 73%~156%의 범위를 보였으며, 평균 107%로 두 값은 크게 다르지 않는 것으로 분석되었다 (Fig. 2 참조).

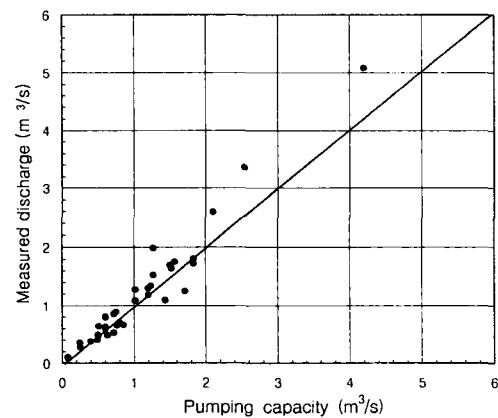


Fig. 2 Comparison of pumping capacities and measured discharges in the irrigation main channel

## 3. 농업용수 물관리효율 산정

1993~1999년의 7개년에 대한 일별 취수량 자료와 산정된 필요수량으로부터 물관리효율을 산정

Table 3 Water management efficiency at Singok pumping station

District office : Hangang, Pumping station : Singok, Weather station : Seoul(108)																						
Irrigation area : 11,920 ha, Pumping capacity : 38.33m <sup>3</sup> /s, Infiltration rate : 6.0mm/day.																						
Month	Water withdrawals (mm)							Water requirements (mm)							Water management efficiency (%)							
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Mean
Apr.	126	204	160	134	173	231	253	10	13	11	11	13	11	13	8	6	7	8	7	5	5	7
May	288	317	364	381	255	406	409	32	20	64	79	32	75	53	11	6	18	21	12	18	13	14
Jun.	198	288	297	142	234	194	312	198	377	345	174	319	271	285	100	131	116	123	136	140	91	120
Jul.	37	250	52	42	172	133	246	127	285	124	117	183	157	240	341	114	238	279	106	118	97	185
Aug.	94	260	153	287	311	236	426	416	255	132	253	326	72	236	442	98	86	88	105	30	55	129
Sep.	199	35	75	191	93	120	189	99	36	54	115	86	46	0	50	103	72	60	93	38	0	59
Total	941	1,353	1,102	1,177	1,238	1,320	1,836	882	986	730	749	959	632	827	94	73	66	64	77	48	45	67

Table 4 Water management efficiencies for each district office of KARICO in the Han River and Nakdong River basin

Basin	District office	No. of pumping stations	Water management efficiency (%)									Mean
			1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999		
Han River	Gangneung	4	-	54	41	35	41	50	13	-	39	
	Goyang	1	-	77	67	65	59	75	68	59	67	
	Goisan	7	-	54	55	51	59	52	41	50	52	
	Yangpyeong	10	-	79	73	74	67	78	58	65	66	
	Yeoju	15	-	50	57	64	54	58	-	58	58	
	Weonju	3	-	58	46	55	43	48	22	31	43	
	Eumseong	1	-	106	57	66	62	78	40	75	69	
	Chungju	14	-	51	53	58	51	65	40	30	49	
	Paju	2	-	81	81	79	71	90	123	98	89	
	Hangang	1	-	94	73	66	64	77	48	45	67	
Hongcheon	1	-	120	92	101	104	145	-	249	135		
Nakdong River	Gyeongsan	2	107	76	111	84	86	58	-	-	87	
	Goryeong	6	78	61	59	60	63	47	-	-	61	
	Gumi	7	72	52	54	52	57	58	56	72	59	
	Gimhae	27	85	66	83	78	67	78	-	-	76	
	Dalseong	6	124	134	147	115	100	63	95	103	110	
	Mungyeong	1	72	50	106	75	101	62	-	-	77	
	Milyang	7	91	66	77	86	87	78	-	-	81	
	Sangju	8	94	60	87	80	71	68	-	-	77	
	Seongju	2	105	69	108	56	57	56	-	-	75	
	Andong	8	95	70	96	94	83	71	-	-	85	
	Yeongcheon	2	50	39	49	39	39	28	-	-	41	
	Yecheon	4	73	49	74	67	54	69	-	-	64	
	Uiryong	3	117	66	92	125	88	78	-	-	94	
	Uiseong	12	54	53	54	49	52	44	62	55	53	
	Jinsan	18	58	38	58	64	66	53	43	43	53	
	Changryeong	7	108	52	88	84	79	69	-	-	80	
	Changweon	2	41	25	37	34	32	21	38	30	32	
	Chilgok	5	95	68	119	67	71	57	59	75	76	
	Haman	10	65	46	68	84	72	60	58	45	62	
	Hapcheon	9	102	72	94	92	100	74	-	72	87	

하였다. 효율 산정은 월별, 연별 단위로 산정하였으며, 산정 결과로부터 각 양수장별과 양수장을 관리하고 있는 농업기반공사 지사별로 분석하였다. Table 3은 한강유역의 신곡양수장에 대한 각 연도별, 월별 물관리효율을 산정한 결과를 보여주고 있다.

한강유역의 양수장별로는 최소 19%에서 최대 135%의 효율 범위를 보였고, 평균은 61%로 산정되었다. 낙동강유역의 경우는 17%~190%의 범위와 평균은 72%로 분석되었다.

Table 4는 농업기반공사의 지사별 물관리효율을 나타낸 것이다. 한강유역에서는 홍천지사가 135%로서 가장 높은 효율을 보였고, 파주지사 89%, 음성지사 69%, 한강지사와 고양지사가 67%, 양평지사가 66%로 계산되었다. 강릉지사, 원주지사, 충주지사는 50% 이하의 낮은 효율을 보였다. 낙동강유

역의 경우는, 달성지사가 110%로서 최대값을 보였고, 다음으로 의령지사가 94%, 경산지사와 합천지사가 87%, 안동지사가 85% 등으로 높은 값을 보였으며, 창원지사가 32%로서 가장 낮은 효율을 보였다. 일부 양수장의 경우 100% 이상의 높은 효율, 또는 30% 이하의 낮은 효율을 보이고 있는데, 이는 물관리가 적절하게 이루어지거나 그렇지 못한 것이 원인이라기 보다는 운영일지의 부정확성 또는 실제 관개면적의 변화를 관리대장에 반영되지 않았기 때문이라고 판단되며 이 들 지구에 대해서는 정밀한 조사가 필요하다.

양수장별로 월별 물관리효율을 검토하였다. Fig. 3은 한강유역의 신곡양수장과 단월양수장, 낙동강유역의 농소양수장과 쌍호양수장의 월별 물관리효율 산정 결과를 보여주고 있다. 이들 양수장 모두

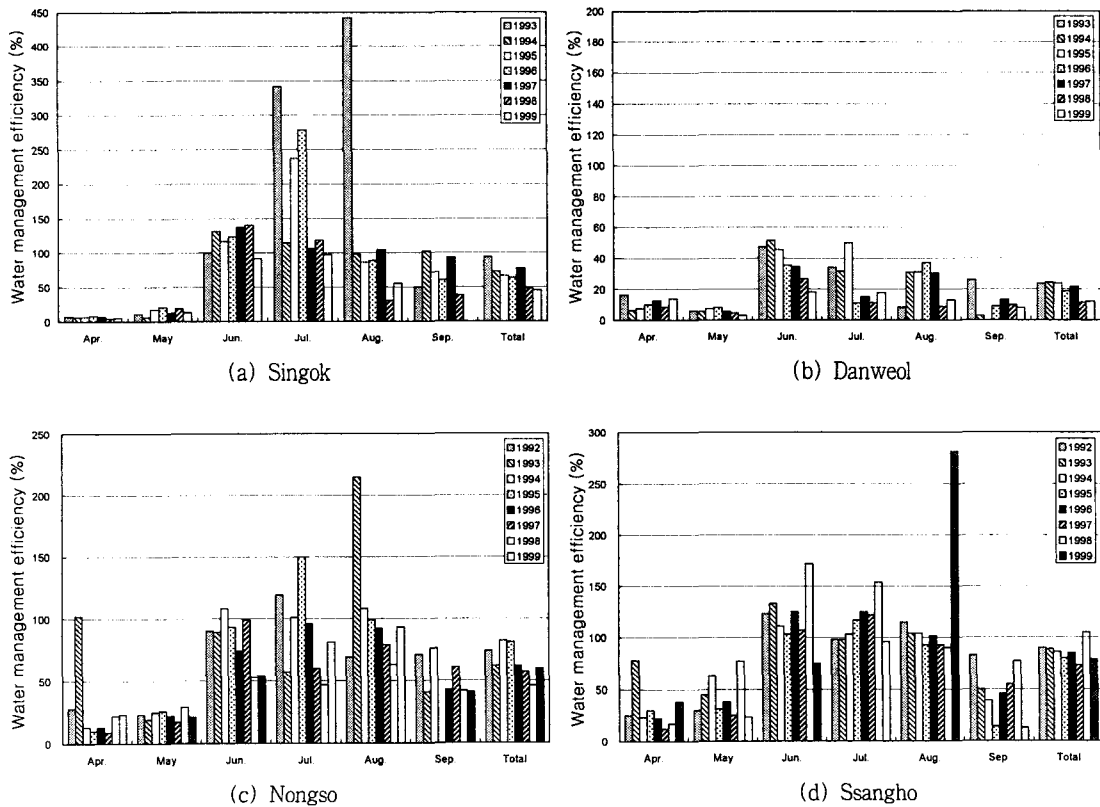


Fig. 3 Variations of monthly water management efficiencies of the irrigation pumping stations

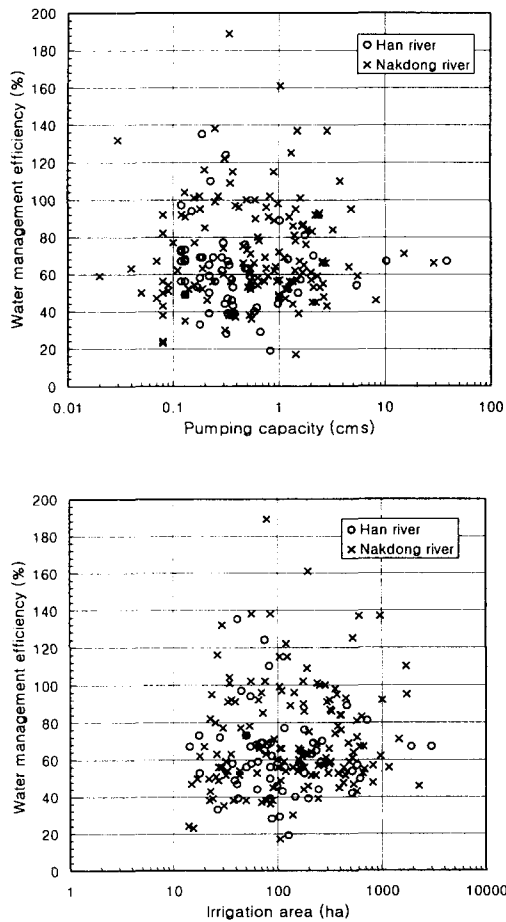


Fig. 4 Relationships of water management efficiencies and characteristics of the irrigation pumping stations

에서 본답기 이전인 4월과 5월에 물관리효율이 낮게 나타났으며, 6~8월의 경우는 상대적으로 효율이 높게 나타났다. 다른 대부분의 양수장에 있어서도 4월과 5월에 낮은 효율을 보였고, 6~8월에 효율이 높게 나타났다. 못자리 및 이앙기간의 효율이 낮은 이유는 보통 관개면적의 1/20에 해당하는 못자리 면적에 대해서만 용수공급이 필요하나, 실제 급수는 관행상 전체 면적에 대하여 실시되기 때문에, 이론적인 필요수량과 실제 취수량으로부터 산정되는 물관리효율이 낮은 것으로 사료된다.

Fig. 4는 205개 대상 양수장의 규모별 물관리효

율을 보여주고 있다. 양수장의 펌프시설용량 및 관개면적과 물관리효율을 비교하였으나 특정한 관계를 보이지는 않았으며, 대부분의 양수장에서 물관리효율은 40~80%의 범위안에 있는 것을 알 수 있다. 이것은 양수장 지구의 물관리효율이 지구의 규모보다는 지구특성이나 물관리 관행에 의해 영향을 받고 있기 때문인 것으로 사료된다.

#### IV. 요약 및 결론

본 연구는 하천관리자의 하천유수관리 업무의 지원을 목적으로, 농업용수 물관리효율을 평가하는 방법을 제시하였고, 한강유역과 낙동강유역의 농업기반공사 31개 지사에 속한 205개 양수장에 대하여 월별 물관리효율을 산정하여 비교한 결과를 요약하면 아래와 같다.

① 농업용수의 물관리효율 평가를 위한 인자로서는, 대상 경작지에 공급되는 취수량과 작물의 성장과 관리에 필요한 필요수량을 선정하였다.

② 양수장 가동시간과 시설용량으로부터 간접적으로 취수량 자료를 추정할 수 있는 농업기반공사 양수장을 효율 평가 대상으로 하여, 한강유역 59개, 낙동강유역 146개 양수장을 선정하였다. 선정된 양수장에 대해 취수량을 조사하였고 FAO 수정 Penamn 공식과 기상자료로부터 필요수량을 산정하였다.

③ 한강유역은 1993~1999년, 낙동강유역은 1992~1999년의 취수량과 필요수량 자료를 이용하여, 개별 양수장에 대하여 연도별 및 월별 물관리효율을 산정하였고, 양수장을 관리하고 있는 농업기반공사 지사별로 물관리효율을 평가하였다.

④ 한강유역의 개별 양수장의 물관리효율은 최소 19%에서 최대 135%의 범위를 보였고, 평균은 61%를 나타내었다. 또한, 지사별 물관리효율은 흥천지사가 135%로서 가장 높게 산정되었고, 다음으로 파주지사가 89%, 음성지사가 69%, 한강지사와 고양지사가 67%, 양평지사가 66% 등의 순이었다.



강릉지사, 원주지사, 충주지사는 50% 이하의 낮은 효율을 보였다.

⑤ 낙동강유역의 개별 양수장의 물관리효율은 최소 17%에서 최대 190%의 범위를 보였고, 평균은 72%로 분석되었다. 지사별 물관리효율은 달성지사가 110%로서 가장 높았으며, 의령지사가 94%, 경산지사와 합천지사가 87%, 안동지사가 85% 등의 효율을 보였으며, 창원지사가 32%로서 가장 낮은 효율을 보였다.

⑥ 농업용수의 계절적인 이용 특성을 나타내는 월별 물관리효율은, 본답기 이전인 4월과 5월의 물관리효율이 다른 시기에 비하여 낮게 산정되었다. 양수장의 펌프시설용량 혹은 관개면적과 물관리효율은 특정한 관계는 보이지 않았는데, 물관리효율은 관개지구의 규모보다는 지구특성이나 물관리 관행에 의해 영향을 받기 때문인 것으로 사료된다.

본 연구는 '99건설교통기술혁신5개년사업의 연구비 지원(물관리 효율성 제고기술 연구: R&D/99S12-01)에 의하여 수행되었습니다.

### References

1. Chung, H. W., S. J. Kim, J. S. Kim, B. G. Ahn, K. H. Lee, N. H. Lee, and S. O. Chung, 2000. *Irrigation and Drainage Engineering*. Seoul: Dongmyeongsa. (in Korean)
2. Chung, B. H., 1996. A direction of development for water management automatic system. *International Symposium on Rural Water Management Automation System for Advanced Rural Society in 2000s*, 219-260. Rural Development Corporation. (in Korean)
3. Im, S. J., S. W. Park, S. M. Kim, and H. J. Kim, 2000. Surveying the daily pumpage for irrigation paddy rice in the Han River basin. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 42(1): 57-65. (in Korean)
4. Kim, C. G., H. J. Kim, and S. Kim, 2000. Estimation of water management efficiency for the irrigation pumping stations in the Han River basin, *Proceedings of the 2000 Annual Conference*, 132-137. Anseong, Gyeonggi.: The Korean Society of Agricultural Engineers. (in Korean)
5. Kim, H. J., 1997. Investigation of the water withdrawals in the Nakdong River basin, Chap.IV. 82-136. 4200-58710-67-9711. Pusan: Ministry of Construction and Transportation · Pusan Regional Construction Management Office. (in Korean)
6. Kim, S., 2000. Water vision 2020, 315. IPD-2000-10. Daejeon: Ministry of Construction and Transportation · Korea Water Resources Corporation. (in Korean)
7. Kim, S., 2001. A study on the techniques for improving water management efficiency, 1-226. R&D99S12-01. Goyang, Gyeonggi: Ministry of Construction and Transportation · Korea Institute of Construction Technology. (in Korean)
8. MAF · RDC, 1999. Investigation report on agricultural water use. 99-10-01. Uiwang, Gyeonggi: Ministry of Agriculture and Forest · Rural Development Corporation. (in Korean)
9. Park, S. W., 2001. A method for increasing irrigation efficiency in agricultural water use. *Rural and Environmental Engineering Journal*, 70: 3-12. Ministry of Agriculture and Forest · Korea Agricultural and Rural Infrastructure Corporation. (in Korean)
10. Tuong, T. P., S. I. Bhuiyan, L. C. Guerra, and R. Baker, 1998. Technology and management practices for increasing water productivity in rice-based system: Growing more rice with less water, *Water in 2000's-Efficient Operation & Maintenance and Management of Irrigation Systems*, 37-88. Korean National

- Committee on Irrigation and Drainage · Rural Development Corporation.
11. USBR, A guidebook for preparing agricultural water conservation plans. <http://www.usbr.gov/wrrl/rwc/guide>. Accessed 28 Jun. 2000.
  12. Yoshini H., 1996. Present situation and problems associated with water management in irrigation systems in Japan. *International Symposium on Rural Water Management Automation System for Advanced Rural Society in 2000s*, 7-33. Rural Development Corporation.