한강유역의 농업용수 양수장 물관리 효율 산정

Estimation of water efficiency for the irrigation pumping area in the Han River basin

김 철 겸*· 김 현 준 · 김 승 (한국건설기술연구원)
Kim Chul-gyum · Kim Hyeon-jun · Kim Sung (KICT)

Abstract

A term, 「Water Efficiency」 was defined as a measure for the effective water management improvements in agriculture. To estimate the water efficiency, 7-year (1993~1999) historical pumping records were collected from 59 pumping stations and water requirements of paddy fields for each station were estimated in the Han River basin.

The water efficiency was estimated monthly and annually, and the assessment of the results was performed for each station and the associated branch offices of KARICO.

Ⅰ. 서 론

경제 성장과 더불어 용수 수요는 증가하고 있지만, 수자원 개발 적지가 부족하고 환경 보전에 대한 관심이 날로 높아짐에 따라 신규 수자원개발은 갈수록 어려워지고 있다. 따라서, 기존 수자원 개발량을 효율적으로 이용하기 위한 물관리 효율성 제고에 대한 필요성이 심각하게 대두되고 있다 (한국건설기술연구원, 2000).

우리나라의 물관리 수준은 다른 분야에 비하여 낙후되어 있으며, 물 스트레스 지표는 34% (1994년 기준)에 달함으로써 적극적인 수자원 관리가 불가피한 상황에 봉착되어 있다. 특히, 우리나라 전체 수자원 이용량의 약 55%를 차지하는 농업용수의 경우, 지구별 시설물 관리에 주안점을 두고 있을 뿐, 실제 사용량 조사 등을 통한 효율적인 관리가 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는, 농업용수 물관리 효율 개선을 위한 대책으로서 물관리 효율이라는 개념을 정의하였으며, 한강유역에 위치한 농업용수 양수장들을 대상으로 지구별 물사용 실태를 파악하고, 각 지구별로 물관리 효율을 산정하여 한강유역내 농업용수 물관리 효율을 평가하였다.

Ⅱ. 물관리 효율 산정 방법

2.1 물관리 효율 정의

효율이란 개념은 어떤 공간적 대상구역 내에 공급되는 총량에 대하여 의도한 목적대로 소비되는 양 사이의 비율로 정의하는 것이 가장 보편적인 기준이라고 할 수 있다. 따라서 농업용수

2000년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (2000년 10월 14일)

의 효율을 평가하기 위해서는 공급량과 필요량을 파악하여야 하며, 본 연구에서 대상으로 하는 양수장의 경우, 보통 하천 본류나 하류에 위치하여 물을 취수하는 시설물이므로, 이 때의 공급량은 하천으로부터의 취수량이 되고, 필요량은 작물의 생육에 필요한 수량이 될 것이다.

농업용수는 그 특성상 도수손실, 분배손실, 포장급수손실 등 다양한 손실이 발생하기 때문에 이러한 손실의 규모를 정확히 파악하여 적용하는 것이 중요하나, 각 지구별로 이러한 손실의 규모가 서로 다르기 때문에 일률적인 손실율을 적용하는 것이 곤란하다. 또한, 본 연구의 경우 하천관리자의 하천유수 관리 업무를 지원하는데 목적을 두고 있으므로, 이러한 손실의 발생을 고려하지 않고 증발산량과 지구내 침투량만을 고려한 필요수량을 이용하여 다음과 같이 물관리 효율의 개념을 정의하였다.

$$E_{물관리} = \frac{Q_{필요수량}}{Q_{공급량}} \times 100\ (\%)$$

이렇게 산정된 물관리 효율은 이론적으로 최적의 관리가 된다면 100%가 되겠지만, 농업용수 설계에서 이용하고 있는 수로손실과 관리손실 등을 감안한 25%의 손실을 고려한다면 $E_{물관리}$의 값이 80%일 때가 설계 조건과 일치하게 된다.

2.2 양수장지구 취수량 조사

대부분의 농업용 양수장은 직접적으로 취수량을 측정하지 않으므로, 양수일지에 기록되는 전력사용량, 양수시간 등의 자료를 이용하여 간접적인 방법으로 그 양을 추정할 수 밖에 없으며, 이런 자료도 대부분이 농업기반공사의 각 지부관리 양수장의 경우에 해당되며, 시·군 관리 양수장의 경우는 일부기간 동안의 제한적인 자료를 가지고 있거나 없는 경우가 대부분이다 (한국건설기술연구원, 1998).

따라서, 한강유역내 농업기반공사 관리 양수장 중 1단 양수장이며 주수원공인 것을 대상으로 하였으며, 일별 취수량은 양수일지의 전력사용량이나 가동시간 등으로부터 양수장 제원자료를 이용하여 취수량으로 환산하였다.

대상양수장은 <표 1>과 같이 11개 지부에 총 59개소이며, 1993~1999년의 7개년에 대한 취수량 자료를 이용하였다.

<표 1> 농업기반공사 지부별 대상 양수장 현황

지부명	강릉	고양	괴산	양평	여주	원주	음성	충주	홍주	한강	홍천	계
개소수 (개)	4	1	7	10	15	3	1	14	2	1	1	59
관개면적 (ha)	216	2,999	442	2,262	2,749	357	86	1,825	505	11,920	42	23,403
시설용량 (cms)	0.74	10.31	1.88	7.79	10.66	0.96	0.24	6.52	1.14	38.33	0.19	78.76

2.3 양수장지구 필요수량 산정

관개지구에서 소비되는 물은 작물에 의한 증발산량과 논에서의 침투량, 기타 손실 등으로 나눌 수 있으며, 이들 요소는 기상 (강우, 일사량 등)과 지구특성 (토양, 시설, 관리 등)에 따라

좌우되므로, 이러한 조건 및 제반 요소를 고려하여 필요수량을 산정하였다 (김현영, 1988; 서울대, 1996; 농림부, 1998; 농어촌진흥공사, 1999).

$$REQ(t) = ET_p(t) \times K_c + I - Re(t)$$

여기서, $REQ(t)$는 필요수량 (mm), $ET_p(t)$는 잠재증발산량 (mm), K_c는 작물계수, I는 포장 침투량 (mm), $Re(t)$는 유효우량 (mm)이다.

잠재증발산량은 FAO 수정 Penman식을 이용하여 산정하였으며, 유효우량은 다음과 같은 물수지식을 통하여 강우량과 물꼬높이에 따라 논의 담수심을 추적해 가면서 산정하였다 (김현영, 1988; 서울대, 1996; 농어촌진흥공사, 1999).

$$D_t = D_{t-1} + Re(t) + REQ(t) - U_t$$

여기서, D_t는 t일의 담수심 (mm), D_{t-1}은 전일의 담수심 (mm), $Re(t)$은 t일의 유효우량 (mm), $REQ(t)$는 t일의 필요수량 (mm), U_t는 t일의 소비수량 (mm)이다.

Ⅲ. 양수장지구 물관리 효율

물관리 효율은 월별, 연별 단위로 산정하였으며 효율 산정 결과에 대한 평가는 각 양수장별과 양수장을 관리하고 있는 농업기반공사 각 지부별로 실시하였다.

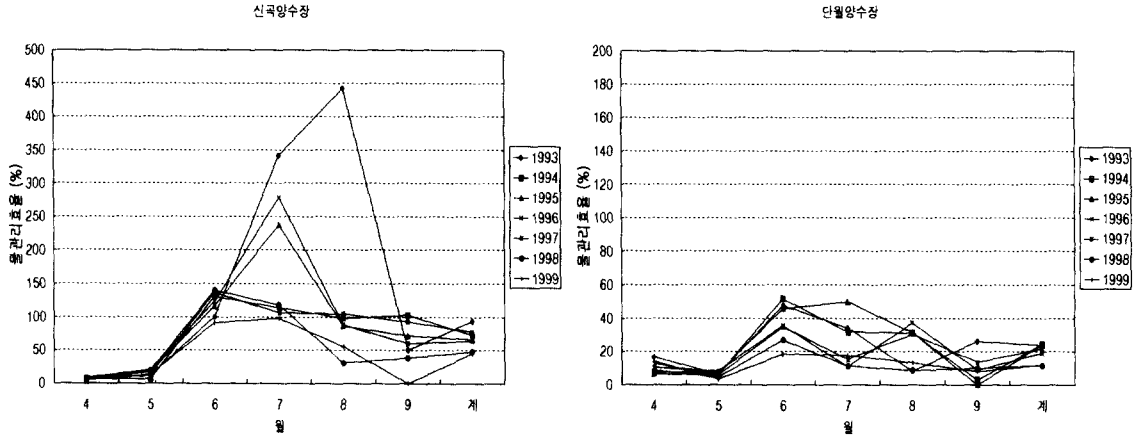
<표 2>와 <그림 1>은 한강유역에서 취수량이 가장 많은 신곡양수장과, 가장 낮은 물관리 효율을 보인 단월양수장의 월별 효율 산정 결과를 나타낸 것이다. 두 양수장 모두 값의 차이는 있으나, 전체 관개기간 중에서 본답기 이전인 4월과 5월에 물관리 효율이 가장 낮게 나타났으며, 6~8월의 경우는 상대적으로 효율이 높게 나타났다. 다른 대부분의 양수장에 있어서도 4월과 5월에 효율이 낮게 나타났는데, 이는 4월과 5월은 못자리 및 이앙기간으로서 보통 관개면적의 1/20에 해당하는 못자리 면적에 대해서만 용수공급이 필요하나, 실제 급수는 관행상 전체 면적에 대하여 실시되기 때문에 이론적인 필요수량과 실제 취수량으로부터 계산되는 물관리 효율이 다른 시기에 비하여 상대적으로 낮을 수밖에 없는 것으로 조사되었다.

<표 2(a)> 양수장 물관리 효율 산정 결과 (신곡양수장)

신곡양수장 (경기도 김포시 고촌면 신곡리)																침투량:	6 mm/day						
관개면적:	11920 ha							취입수량:	38.3 cms							기상관측소:	108(서울)						
	사용량 (mm)							필요수량 (mm)								물관리 효율 (%)							
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999		1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	평균
4	126	204	160	134	173	231	253	10	13	11	11	13	11	13		8	6	7	8	7	5	5	7
5	288	317	364	381	255	406	409	32	20	64	79	32	75	53		11	6	18	21	12	18	13	14
6	198	288	297	142	234	194	312	198	377	345	174	319	271	285		100	131	116	123	136	140	91	120
7	37	250	52	42	172	133	246	127	285	124	117	183	157	240		341	114	238	279	106	118	97	185
8	94	260	153	287	311	236	426	416	255	132	253	326	72	236		442	98	86	88	105	30	55	129
9	199	35	75	191	93	120	189	99	36	54	115	86	46	0		50	103	72	60	93	38	0	59
계	941	1353	1102	1177	1238	1320	1836	882	985	730	749	959	632	826		94	73	66	64	77	48	45	67

<표 2(b)> 양수장 물관리 효율 산정 결과 (단월양수장)

단월양수장 (충북 충주시 단월동)															침투량: 4.5 mm/day							
관개면적: 128 ha								취입수량: 0.83 cms							기상관측소: 221(제천)							
	사용량 (mm)							필요수량 (mm)							물관리 효율 (%)							
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	평균
4	56	173	116	90	85	128	82	9	11	9	9	11	11	12	17	6	8	10	13	8	14	11
5	528	769	793	944	631	1559	1545	33	45	59	77	36	73	49	6	6	7	8	6	5	3	6
6	410	572	637	560	688	908	1227	195	296	291	199	238	243	224	47	52	46	36	35	27	18	37
7	280	594	237	706	459	806	1174	96	189	118	78	71	92	208	34	32	50	11	15	11	18	24
8	234	630	213	682	801	511	1025	19	196	67	254	245	45	135	8	31	31	37	31	9	13	23
9	324	317	272	530	332	875	494	84	9	0	48	45	87	40	26	3	0	9	13	10	8	10
계	1832	3055	2267	3512	2996	4788	5547	436	745	544	665	646	551	666	24	24	24	19	22	11	12	19



<그림 1> 양수장 물관리 효율 산정 결과 (신곡, 단월양수장)

개별 양수장에 대하여 1993~1999년의 연평균 물관리 효율을 계산한 결과, 최대 135% (홍천지부의 외삼포양수장)에서 최소 19% (충주지부의 단월양수장)의 효율 범위를 보였으며, 평균은 61%로 나타났다.

농업기반공사 각 지부별 물관리 효율은 <표 3>과 같이, 홍천지부가 135%로서 가장 높은 효율을 보였고, 파주지부가 89%, 한강지부와 고양지부가 67%, 양평지부가 66%를 보였으며, 강릉, 괴산, 원주, 충주지부는 50% 이하의 낮은 효율을 나타내었다.

<표 3> 농업기반공사 지부별 물관리 효율

지부명	물관리 효율 (%)							
	1993년	1994년	1995년	1996년	1997년	1998년	1999년	평균
강릉	54	41	35	41	50	13	-	39
고양	77	67	65	59	75	68	59	67
괴산	54	55	32	59	52	41	50	49
양평	79	73	74	67	78	58	65	66
여주	50	57	64	54	58	-	58	58
원주	58	46	55	43	48	22	31	43
음성	106	57	66	62	78	40	75	69
충주	51	53	58	51	65	40	30	49
파주	81	81	79	71	90	123	98	89
한강	94	73	66	64	77	48	45	67
홍천	120	92	101	104	145	-	249	135

Ⅳ. 요약 및 결론

본 연구에서는, 농업용수 물관리 효율 개선을 위한 대책으로서 물관리 효율이라는 개념을 정의하였으며, 한강유역내 양수장들에 대하여 지구별 물사용 실태를 파악하고 물관리 효율을 산정하여, 각 양수장 지구별 물관리 효율을 평가하였다.

대상양수장으로서 농업기반공사 관리 양수장 중 1단이며 주수원공인 59개소를 선정하였으며, 1993~1999년의 7개년에 대한 양수일지의 취수기록으로부터 일별 취수량을 산정하였고, 작물에 의한 증발산량과 침투량으로부터 각 양수장 관개지구별 필요수량을 산정하였다.

물관리 효율은 월별, 연별 단위로 산정하였으며, 효율 산정에 대한 평가는 각 양수장별과 양수장을 관리하고 있는 농업기반공사 각 지부별로 실시하였다.

월별 평가 결과, 전체 관개 기간 중에서 본답기 이전인 4월과 5월에 물관리 효율이 가장 낮게 나타났으며, 6~8월의 경우는 상대적으로 효율이 높게 나타났다.

양수장별 평가 결과는, 최대 135% (외삼포양수장)에서 최소 19%(단월양수장)의 효율 범위를 보였으며, 평균은 61%로 나타났다.

농업기반공사 지부별 평가 결과는, 홍천지부가 135%로서 가장 높은 효율을 보였고, 파주지부가 89%, 한강과 고양지부가 67%, 양평지부가 66%를 보였으며, 강릉, 괴산, 원주, 충주지부는 50% 이하의 낮은 효율을 보였다.

이와 같은 물관리 효율 평가를 통하여 각 물사용 주체들의 물절약을 유도할 수 있을 것이며, 효율이 과도하거나 과소한 지구의 경우, 취수자료의 정확성 여부 및 시설물 제원의 변동 유무, 손실이나 용수 재이용율을 진단하는 데에도 이용될 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

김현영, 1988, 관개용 저수지의 일별 유입량과 방류량의 모의발생, 서울대학교 박사학위 논문.

농림부, 1998, 농업생산기반정비사업계획설계기준: 관개편.

농어촌진흥공사, 1999, 농촌용수 수요량조사 종합보고서, 농림부.

서울대, 1996, 성주지구 성주농조 집중용수관리시스템(I): 기본프로그램 개발, 서울대학교 농업생명과학대학 농업개발연구소.

한국건설기술연구원, 1998, 한강수계 하천수 사용실태 조사 및 하천유지유량 산정 보고서: 하천수 사용실태 조사, 건설교통부.

한국건설기술연구원, 2000, 물관리 효율성 제고 기술 연구, 건설교통부.

한국건설기술연구원, 2000, 하천운영 시스템 개발 연구, 건설교통부.

International Commission on Irrigation and Drainage, 1997, The Watsave Scenario.

U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, 1996, A Guidebook for Preparing Agricultural Water Conservation Plans: Achieving Efficient Water Management, *http://www.usbr.gov/wrrl/rwc/guide/index.htm*

U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, 1997, Incentive Pricing Hanbook for Agricultural Water Districts, *http://www.usbr.gov/wrrl/rwc/pricing/index.htm*