

관개용 저수지의 일별 사용량 조사 분석

Monitoring and Analyses of Daily Water Uses from Irrigation Reservoirs

강민구* (서울대) · 박승우(서울대) · 임상준(서울대)
Kang, Min Goo · Park, Seung Woo · Im, Sang Jun

Abstract

The daily irrigation water intakes from five reservoirs were measured and the water management characteristics analyzed. During the irrigation seasons in 1998, the total water supply rates ranged from 534 to 864 mm, and the delivery losses varied from 5 to 17 percent. Major factors affecting the water supply rates were rice transplanting and water management, and rainfall distributions during the growing seasons. The consumptive uses and effective rainfall from each reservoir were compared satisfactorily with the simulated results from the Daily Irrigation Reservoir Operation Model, DIROM.

I. 서론

우리나라의 농업용수 사용량은 전체 수자원 사용량 중 약 50%에 달하는 많은 양이지만 공급 체계의 특성상 실제 사용량에 대한 조사는 거의 이루어지지 않고 있다. 그러나, 효율적인 하천 관리와 국가 수자원 계획의 수립을 위해서는 실제 사용량을 파악할 필요가 있다.

농업용수 사용량을 조사하기 위해서는 수원공에 대한 관리 및 운영자료가 있어야 하나, 관개용 저수지의 경우 순별이나 월별로 저수율을 기록하는 상태이므로 자료가 미비하여 간접적인 방법을 이용할 수밖에 없다. 또한, 간접적인 방법으로 계산된 사용량 자료는 몇 개의 표본 수원공을 선정하여 추정된 사용량 자료의 질 확인과 조절(Quality Assurance and Quality Control, QAQC) 작업이 필요하다.

농업용수 사용량을 산정하는 간접적인 방법 중 수원공 운영자료와 작물의 필요수량을 고려하여 사용량을 산정하는 방법은 모형의 구동을 위하여 관개지구의 물관리 특성에 관한 자료가 필요하나, 실제 사용량 자료가 부족하여 물관리 특성에 관련된 매개변수를 선정하는데 어려움이 있다.

따라서, 본 연구에서는 관개용 저수지의 실제 사용량을 조사하기 위하여 5개 시험 저수지를 선정하여 일별 사용량을 조사하였고, 수집된 사용량 자료를 시기별로 분석하였으며, 시험저수지의 물관리 특성을 파악하기 위하여 DIROM(Daily Irrigation Reservoir Operation Model) 모형을 이용하여 관개지구에 대한 소비수량, 유효수량, 손실율을 산정하여 비교하였다.

II. 저수지 사용량 모니터링

1. 시험저수지

시험저수지는 관개면적, 유역면적, 관리주체, 주요 수리시설, 관리 및 운영실태 등의 제인자를 고려하여 선정하였다. 관개용 저수지 중 관개면적이 100ha 이하인 소규모 저수지나 소유지는 전체 저수지의 상당부분을 차지하고 있으나, 사용량이 많지 않고 보조 수원공으로 사용되는 경우가 많고, 용수로의 정비나 운영기록이 미비하므로 시험저수지 선정에서 제외하였다. 따라서, 본 연구에서는 관개면적에 대한 선정 기준은 100~300ha, 300~500ha, 500ha 이상으로 구분하였으며, 이들 기준으로 한강유역내 용당저수지, 금성저수지, 도척저수지와 서울대학교 농공학과에서 수문계측망을 구성하여 수문계측을 실시하고 있는 반월저수지, 기천저수지 등의 5개 저수지를 시험저수지로 선정하였다.

선정된 시험저수지의 주요 제원은 Table-1과 같다. 시험저수지의 유역면적은 285.0~2,873.0 ha, 관개면적은 147.2~1115.0ha, 저수량은 346.0~4,423.0 10^3m^3 의 범위를 나타내고 있다. 시험저수지의 운영 및 관리는 해당 농지개량조합에서 하고 있으며, 농지개량 조합에서는 관개량은 측정하고 있지 않고 목측에 의해서 저수율만 측정하여 기록하고 있으며, 이들 시험저수지의 용수로는 콘크리트 라이닝 수로로 이루어져 있다.

Table-1. 시험 저수지의 주요 제원

저수지명	농지개량 조합명	유역면적 (ha)	관개면적 (ha)	저수량 (10^3m^3)
용당저수지	충주농조	2,873.0	1,115.0	4,423.0
금성저수지	음성농조	285.0	147.2	346.0
도척저수지	광주농조	980.0	195.2	504.0
기천저수지	수화농조	755.0	270.7	2,247.0
반월저수지	수화농조	1,220.0	346.6	1,602.0

2. 모니터링 방법

가. 계측시설

선정된 시험저수지에 대하여 관개지구 특성, 영농 현황 등을 조사하였으며, 농업용수 사용량을 측정하기 위하여 저수지 통관 부근에 수위계측점을 선정하고, 수위계측 시설을 설치하여 시간별 수위 자료를 수집하였다.

저수지 용수로의 수위 자료는 압력식 수위계를 이용하여 측정하였다. 수위계는 일반적으로 자기수위계가 많이 이용되고 있으나 수위 기록지를 구독하는데 많은 시간이 소요되며 일정 시간 간격으로 기록지를 교체하여야 하기 때문에 최근에는 전기적 특성을 이용한 수위계가 많이 이용되고 있는 실정이다. 본 연구에서는 Global Water사의 압력변환형 수위계인 WL-14 Global Water Level Logger를 사용하였으며, 수위 측정 시간의 조정이 가능하고 자료 저장 기능이 내장되어 있기 때문에 자료의 관리가 편리한 장점이 있다.

현장의 수위자료는 매 10분 간격으로 측정하였으며, 각 저수지별 수위측정현황은 Table-2와 같다. Table-2 와 같이 각 저수지별 용수로 수위측정은 모내기 기간을 전후로 하여 시작하여 관개 종료시 까지 계측망을 운영하였다.

나. 수위-유량 곡선

수위계측점으로 부터 구해진 수위 자료를 사용량으로 환산하기 위해서는 현장 유속측정결과로 부터 얻어진 수위-유량 관계를 이용하게 된다. 현장의 유속 측정은 Fig. 1과 같이 유속계를 이용하여 실시하였으며, 통수단면의 크기와 수위에 따라 몇 개의 관측점에 대한 유속을 측정하고 이로부터 평균유속을 산정하였다.

유속 측정의 횟수는 수위의 변동 폭이나 수로 단면의 형상에 따라 다르나, 현장 유속 측정의 범위를 벗어난 수위에 대해 수위-유량 관계식을 적용할 경우 외삽에 의해 잘못된 결과를 가져올 수 있기 때문에 유속측정시 수위변화를 고려하여 저수위와 고수위가 모두 포함되도록 하였다.

각 저수지의 수위-유량 관계식은 Table-2와 같으며, 수위-유량관계식의 결정계수는 0.9357~0.9880의 범위를 나타내고 있다. Fig. 2는 용당저수지의 수위 계측점에 대한 수위-유량 관계곡선을 나타낸 것으로, 저수위와 고수위를 모두 포함하고 있음을 알 수 있다.

Table-2. 시험 저수지 계측망 운영 현황

저수지명	계측망	측정기간	수위-유량 관계	
			관계식	결정계수(R ²)
용당저수지	수위계측 1개소	98. 5. 07 ~ 98. 9. 30	$Q = 1.9453H^{1.7376}$	0.9808
금성저수지	수위계측 1개소	98. 4. 30 ~ 98. 9. 30	$Q = 0.3120H^{0.6752}$	0.9567
도척저수지	수위계측 1개소	98. 4. 16 ~ 98. 9. 30	$Q = 1.0274H^{1.4004}$	0.9696
기천저수지	수위계측 2개소 유역계측 1개소	98. 4. 01 ~ 98. 9. 30	$Q = 0.8286H^{1.0881}$	0.9357
반월저수지	수위계측 1개소 유역계측 3개소	98. 4. 01 ~ 98. 9. 30	$Q = 3.4210H^{1.5520}$	0.9880



Fig. 1. 현장 유속 측정 전경

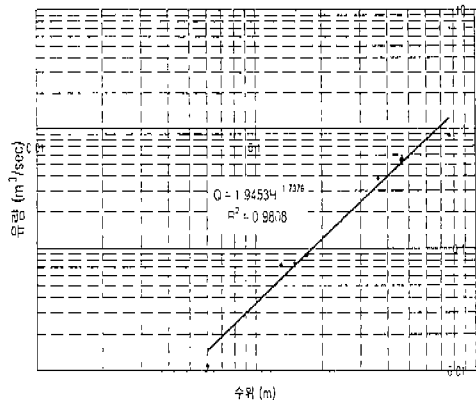


Fig. 2. 용당저수지 수위-유량 관계곡선

III. 사용량 분석

관개용 저수지에 의한 농업용수의 사용은 관개기간 동안의 강우량이나 물관리 특성에 영향을 받는다. 따라서, 조사된 사용량을 강우량과 함께 시기별로 분석하였으며, 시험저수지의 물관리 특성을 파악하기 위하여 DIROM 모형을 이용하여 관개량을 모의 발생하여 비교하였다.

저수지 사용량 분석을 위한 기상자료는 Thiessen망을 이용하여 선정된 기준 기상대의 기상자료를 이용하였으며, 용당저수지는 충주 기상대의 자료를 사용하였고, 금성 및 도척저수지는 이천 기상대의 자료를 이용하였다. 기천 및 반월저수지의 기상자료 중 강우자료는 해당유역에 설치된 강우계로 측정된 자료를 이용하였으며, 그 외의 기상자료는 수원 기상대 자료를 이용하였다.

1. 시기별 사용량

계측기간 동안 시험저수지의 사용량과 강우량은 Table-3과 같다. 한강유역내의 시험저수지의 사용량은 금성저수지가 $785.4 \times 10^3 \text{m}^3$ 이었으며, 용당저수지는 $7,207.7 \times 10^3 \text{m}^3$, 도척저수지는 $1,273.6 \times 10^3 \text{m}^3$ 이었으며, 반월저수지와 기천저수지는 각각 $2,995.0 \times 10^3 \text{m}^3$, $1,576.2 \times 10^3 \text{m}^3$ 으로 조사되었다. 저수지별 단위면적당 사용량은 금성저수지, 용당저수지, 도척저수지, 기천저수지가 각각 534mm, 646mm, 652mm, 582mm로 비슷한 값을 나타냈으나, 반월저수지는 다른 저수지들 보다 많은 864mm를 나타냈다.

조사기간 동안 강우량은 금성저수지가 1,372.3mm, 용당저수지가 1,186.8mm, 도척저수지가 1,373.3mm이었으며, 반월저수지가 1,136.5mm, 기천저수지가 1,186.2mm로 예년에 비하여 많은 강우량을 기록하였다.

Table-3. 시험저수지의 실제 사용량 및 강우량 비교

날 짜	금성저수지		용당저수지		도척저수지		반월저수지		기천저수지		
	강우량 (mm)	사용량 (10^3m^3)	강우량 (mm)	사용량 (10^3m^3)	강우량 (mm)	사용량 (10^3m^3)	강우량 (mm)	사용량 (10^3m^3)	강우량 (mm)	사용량 (10^3m^3)	
4	중		4.8	252.9			17.0	44.9	21.6	23.8	
	하		28.0	151.1			10.0	192.9	8.8	71.0	
5	상	38.5	51.0	30.5	733.5	38.5	106.2	42.5	175.4	43.6	316.1
	중	51.0	69.0	59.5	449.1	51.0	105.6	42.5	174.9	48.6	123.8
	하	0.0	105.0	0.0	498.3	0.0	146.0	0.0	409.2	0.0	228.8
6	상	48.5	61.9	26.0	338.5	48.5	81.3	21.5	94.8	41.2	112.8
	중	47.0	64.1	43.2	375.3	47.0	159.7	36.5	73.8	26.0	2.6
	하	159.0	51.9	148.5	272.6	159.0	69.0	142.5	29.8	143.2	28.7
7	상	163.0	29.0	128.0	658.3	163.0	88.8	236.0	157.5	94.8	1.9
	중	118.0	22.6	140.6	68.4	118.0	129.7	102.5	217.2	107.2	2.9
	하	19.5	104.2	18.0	848.5	19.5	139.8	49.0	284.2	45.8	342.1
8	상	517.0	0.0	330.0	75.9	517.0	0.0	291.0	0.0	320.0	0.0
	중	144.3	34.8	178.0	0.0	144.3	48.8	20.0	432.1	104.4	12.2
	하	63.0	121.1	33.7	601.3	63.0	94.5	34.0	376.3	89.2	139.6
9	상	3.5	70.8	1.0	858.5	4.5	104.1	29.5	79.3	89.2	95.8
	중			7.0	854.2			62.0	93.4	2.6	74.3
	하			10.0	171.3			0.0	159.1		
계	1,372.3	785.4	1,186.8	7,207.7	1,373.3	1,273.6	1,136.5	2,995.0	1,186.2	1,576.2	

각 저수지별 순별 사용량을 살펴보면, 각 저수지의 최대 사용량을 보이는 시기는 용당저수지를 제외한 저수지들의 경우, 이양용수가 추가적으로 사용되는 5월 상순~하순으로 총사용량의 25.4~42.4%의 사용량을 나타냈으며, 용당저수지는 9월 상순~하순에 총사용량의 26.1%로 가장 많은 사용량을 나타냈다.

Fig. 3과 Fig. 4는 금성저수지의 일별 사용량과 순별 사용량을 강우량과 함께 나타낸 것이며, 금성저수지의 경우 사용량은 강우에 의해 영향을 크게 받고 있으며, 강우가 집중됐던 1998년 8월 상순~중순에는 사용량이 거의 없는 것으로 나타났다.

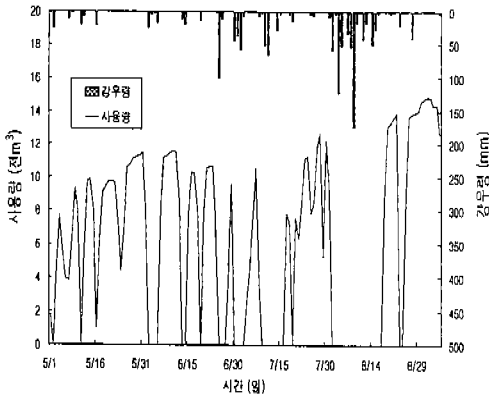


Fig. 3. 금성저수지 일별 사용량(1998)

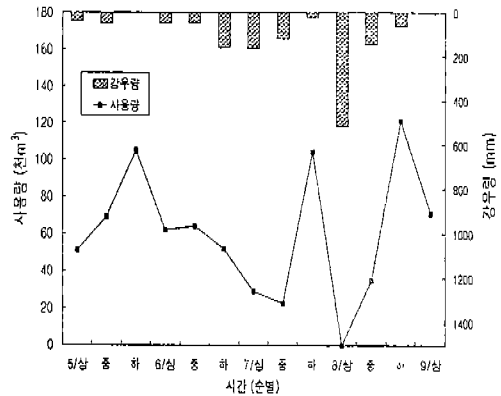


Fig. 4. 금성저수지 순별 사용량 (1998)

2. 관개지구의 물관리 특성

시험저수지의 관개지구에 대한 소비수량과 유효수량, 손실율의 비교를 위하여 DIROM(Daily Irrigation Reservoir Operation Model) 모형을 이용하여 관개량을 모의하였다.

Table-4는 각 저수지별 모의결과를 나타낸 결과이며, 모의 관개량과 실측사용량간의 상대오차는 -4.7~0.9%의 범위를 나타냈다. 각 저수지의 관개지구별 소비수량은 998.0~1,280.0mm, 유효수량은 490.8~597.7mm, 손실율은 5.0~17.0%의 범위를 나타냈다.

Fig. 5와 Fig. 6은 금성저수지와 도척저수지 관개지구의 소비수량, 모의관개량, 실측사용량의 누가곡선을 나타낸 것이며, 모의 관개량과 실측사용량이 유사한 경향을 나타내고 있다.

Table-4. 저수지별 소비수량, 유효수량, 손실율 비교

저수지명	DIROM 결과				실측 사용량 (mm)	상대오차 (%)
	소비수량 (mm)	유효수량 (mm)	손실율 (%)	모의 관개량 (mm)		
용당저수지	1,070.0	490.8	10.0	627.0	646.0	-2.9
금성저수지	998.0	516.0	17.0	509.0	534.0	-4.7
도척저수지	1,094.0	574.1	15.0	658.0	652.0	0.9
기천저수지	1,127.0	597.7	5.0	579.0	582.0	-0.5
반월저수지	1,280.0	591.0	15.0	839.0	864.0	-3.0

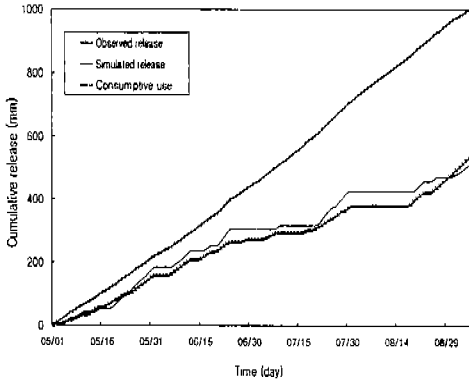


Fig. 5. 금성저수지 실측사용량과 모의 관개량 비교 (1998)

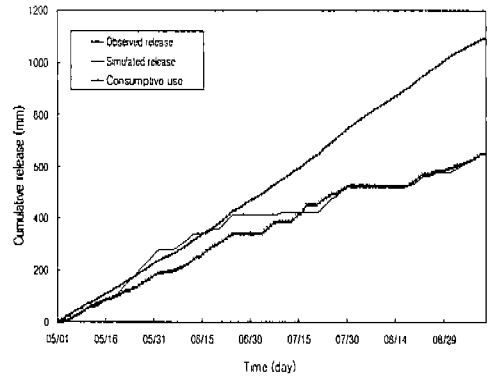


Fig. 6. 도척저수지 실측사용량과 모의 관개량 비교 (1998)

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 관개용 저수지의 실제 사용량을 조사하기 위하여 5개 시험저수지를 선정하여 일별 사용량을 조사하였으며, 수집된 사용량 자료를 시기별로 분석하였다. 또한, 시험저수지의 물관리 특성을 파악하기 위하여 DIROM 모형을 이용하여 각 저수지 관개지구의 소비수량, 유효수량, 손실율을 산정하여 비교하였다.

본 연구의 결과를 정리하면 다음과 같다.

① 관개용 저수지의 실제 사용량을 조사하기 위하여 용당저수지, 금성저수지, 도척저수지, 기천저수지, 반월저수지 등 5개 시험 저수지를 선정하고, 용수로에 수위계측시설을 설치하여 일별 사용량을 조사하였다.

② 시험 저수지별 1998년 단위면적당 사용량은 용당저수지, 금성저수지, 도척저수지, 기천저수지가 각각 646mm, 534mm, 652mm, 582mm로 비슷한 경향을 나타내고 있으나, 반월저수지는 864mm로 다른 저수지들 보다 큰 값을 나타냈다.

③ 조사기간 동안 사용량을 순별로 비교해 본 결과, 최대 사용량을 보이는 시기는 용당저수지를 제외한 저수지들의 경우 이양용수가 추가적으로 공급되는 5월 상순~하순으로 총사용량의 25.4~42.4%를 나타냈으며, 용당저수지의 경우에는 9월 상순~하순에 총사용량의 26.1%로 가장 많은 사용량을 나타냈다.

④ 시험 저수지의 관개지구에 대한 소비수량과 유효수량, 손실율의 비교를 위하여 DIROM 모형을 이용하여 관개량을 모의한 결과, 모의관개량과 실측사용량간의 상대오차는 -4.7~0.9%의 범위를 나타냈으며, 소비수량은 998.0~1,280.0mm, 유효수량은 490.8~597.7mm, 손실율은 5.0~17.0%의 범위를 나타냈다.

참고문헌

1. 이남호, 정하우, 박승우, 1991, 관개지구 관개량 예측, 한국농공학회지, 33(1), pp. 118-125.
2. 김현영, 박승우, 1988, 관개용 저수지의 일별 유입량과 방류량의 모의 (I), 한국농공학회지, 30(1), pp. 50-62.