

물수지 분석을 통한 관개용 저수지의 저수율 추정

최진규* · 손재권* · 구자웅* · 김영주**

*전북대학교 농업생명과학대학(농업과학기술연구소) · **전북대학교 대학원

Storage Estimation of Irrigation Reservoir by Water Balance Analysis

Choi, Jin-Kyu* · Son, Jae-Gwon* · Koo, Ja-Woong* · Kim, Young-Ju**

*College of Agriculture (Agri. Science & Tech. Institute), Chonbuk National University

**Graduate Student, Chonbuk National University

ABSTRACT : This study was conducted to seek the effective water management method of the irrigation reservoirs. Joongpyong reservoir was selected for the hydrologic monitoring, and investigated from May in 1999 to December in 2001. The water level and amount of outlet discharge were measured, the stage discharge equation as a rating curve was induced, and which were compared to the irrigation water requirements calculated by a daily simulation model. The water balance of Joongpyong reservoir was analyzed, mainly on the reservoir storage ratio during irrigation period. Comparing the observed storage and simulation data, the results of the simulation were well agreed with the measured data.

Key words : Outlet discharge, Reservoir storage ratio, Water balance analysis, Water requirement

1. 서론

일반적으로 저수지는 홍수조절, 용수 확보, 수력발전, 주운, 레크레이션 등 다양하게 이용되며, 수요를 공급할 수 있는 저수지의 저수량의 크기, 주어진 용량에서의 공급량 결정, 저수지 운영의 신뢰성이 중요하다(Simonovic, 1992). Yeh(1985)는 저수지 운영에 유용한 방법으로 시뮬레이션, 선형계획(LP) 및 동적계획(DP), 그리고 비선형계획(NLP) 등의 최적화 기법, 다중목표 분석으로 분류하였다. 일반적으로 저수지로부터 공급되는 수량은 수요량이며, 저수량이 적은 경우 수요량을 충족시킬 수 없게 되므로 운영방법(operation rule)을 조절하게 된다(McMahon과 Mein, 1986).

한편, 저수지 물수지분석(Water balance analysis)은 저수지를 하나의 시스템으로 볼 때 기간별 입력과 출력을 가지고 저류량의 시간적인 변화를 분석하는 것을 말하며, 유역의 용수수요와 공급계획의 수립 및 저수지 운영에 중요하다. 저수지 물수지 분석에 필요한 주요

인자로는 저수량, 저수지로의 유입량, 저수지 수면 강수량, 물넘이 월류량, 수리권 보장을 위한 방류량, 저수면의 증발량, 물넘이 및 제방과 지하로 침투되는 누수량, 그리고 농업용수 및 생공용수 등의 각종 용수수요량이 포함된다.

농업용수는 저수지, 양수장 등에 의해 취수된 물이 수로를 통하여 관개지구에 공급되는 양으로, 연간 수자원 이용량 331억 m^3 중 농업용수의 이용량은 약 158억 m^3 으로 전체 수자원 이용량의 약 48%를 차지하고 있으며, 수자원의 관리와 수계 단위의 용수수요 해석에 있어서 매우 중요한 요소이다. 특히 우리나라와 같이 논벼를 주요 작물로 하는 경우에는 관개기간의 생육시기에 따라 필요수량의 차가 크고, 일반적으로 다우지역을 중심으로 행하여지는 영농형태이기 때문에 당일의 강우량과 그 분포에 따라 필요수량은 크게 지배를 받게 된다. 따라서 필요수량의 일별 추정은 저수지의 합리적인 물관리에 있어 대단히 중요하다. 또한 수원공으로부터 취수하여 공급되는 수량은 작물이 필요로 하는 증발산량과 침투량중에서 유효우량을 제외한 순용수량과 수로손실량 및 관리손실량을 고려하여 결정하게 되는 데, 주로 기상조건 및 작물의 생육단계

에 따라 좌우되기도 하지만, 경지의 토양 특성, 지하수 위, 관개방법 등에 의해서도 영향을 받는다. 논에 대한 관개는 지역별, 시기별로 차이가 있으나, 일반적으로 4월 중순부터 못자리 용수를 공급하기 시작하여 9월말에 종료하게 된다. 관개용수량은 작물의 생육단계에 따라 시기별 변화를 많이 보이고 있으며, 5월 중·하순의 이앙기에 상대적으로 많은 양의 물을 관개하게 되므로, 이 시기의 관개용수량이 용수시설의 규모 결정에 이용되기도 한다.

본 연구에서는 중평저수지 유역을 대상으로 수문관측시설을 설치하여 수문 모니터링을 통해 방류량을 측정하고, 이로부터 관개기간 동안 통관 방류량을 산정하여 모의발생된 필요수량과 비교하였다. 또한, 관개지구의 물수요를 추정할 수 있는 일별 관개수량 산정모형을 적용하여 저수지의 관개기간동안 물수지를 분석함으로써 관개지구의 효율적인 물관리를 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 대상지구

본 연구에서는 전북 진안군 성수면 도통리에 위치한 중평저수지 및 상류유역, 그리고 중평저수지로부터 농업용수를 공급받고 있는 하류측 관개구역을 조사 대상으로 하였다.

중평저수지 유역은 섬진강 수계내 소하천인 중평천 유역으로 지형적 특성은 표 1에 정리한 바와 같이 유역면적은 312.47 ha이며, 본류의 하천연장은 3.25 km, 기복량비는 0.165, 형상계수는 0.296이다. 중평저수지는 관개면적 50.0 ha, 저수량은 167.5 천m³인 소규모 관개용 저수지로서 제당의 높이는 13.6 m, 길이는 210.0 m이다. 저수지 유역의 토지이용은 표 2에 정리된 바와 같이 임야가 전체의 88.3%인 275.89 ha, 논이 20.19 ha로 6.5%, 밭은 12.90 ha로 4.1%, 기타가 3.49 ha로 1.1%로 구성되어 있다. 한편, 본 유역이 위치하고 있는 진안군 성수면 도통리는 5개의 자연부락으로 이루어져 있으며, 인구는 337명이고, 축산현황으로는 한우가 110마리, 가금류가 173마리 등이다.

표 1. 중평저수지유역의 지형적 특성

저수지	유역면적 (ha)	하천연장 (km)	최고점 (m)	최저점 (m)	형상 계수
중 평	312.47	3.25	887.4	350	0.296

표 2. 중평저수지 유역의 토지이용 현황

구분	토 지 이 용				계
	논	밭	임야	저수지	
면적 (ha)	20.19	12.90	275.89	3.49	312.47
비율 (%)	(6.5)	(4.1)	(88.3)	(1.1)	(100)

2. 기상자료 및 유량측정

본 지구의 조사기간중 강수량 자료는 진안군 성수우량관측소, 기온 및 증발량 등의 기상자료는 임실관측소, 전주기상대 및 남원관측소의 관측자료를 이용하였다. 그리고 수위 및 유량측정을 위하여 저수지 통관 출구지점에 수위표와 자기수위계를 설치하고 1999년 4월 하순부터 2001년 12월까지 수문모니터링을 실시하였다. 수위자료는 Global Water사의 압력변환형 수위계인 WL-14 데이터로거를 사용하여 수위를 측정하였고, 유량측정은 Valeport사의 BFM002 유속계를 사용한 유속측정과 평균단면법을 이용하여 유량을 산정하였다.

3. 물수지 분석

가. 필요수량 계산

관개구역에서 소비되는 물은 작물에 의한 증발산량과 논에서의 침투량, 기타 손실 등으로 나눌 수 있으며, 이들 요소는 기상 및 토양, 지구특성 등 제반요소를 고려하여 필요수량을 산정하게 된다. 일반적으로 논벼의 경우 필요수량은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$REQ(t) = ET_p(t) \times K_c + I - R_e(t) \quad (1)$$

여기서, $REQ(t)$: 필요수량, $ET_p(t)$: 잠재증발산량, K_c : 작물계수, I : 논침투량, $R_e(t)$: 유효우량이다. 잠재증발산량은 기준작물의 토양수분이 최적인 상태에서의 증발산량으로서 FAO(1977)의 수정 Penman식을 이용하였고, 「영농방식 변화에 따른 필요수량 변화 연구」에 제시된 작물계수를 적용하였다. 논이 침투량은 토양의 특성과 포장조건 등에 따라 좌우되는데, 여기서는 5 mm/day를 사용하였다. 유효우량은 일별 강우량과 필요수량 및 담수심의 관계로부터 계산하게 되며, 물꼬높이 $D_{max} = 60$ mm, $D_{min} = 10$ mm를 가정하였다.

나. 저수지 물수지

저수지에서의 물수지 분석은 저수지 유입량(I), 강수량(P), 수면증발량(E), 누수량(L), 물넘이 월류량(O), 통관방류량(D) 등을 고려하였으며 일별 저수량(S)의 계산식은 다음과 같다.

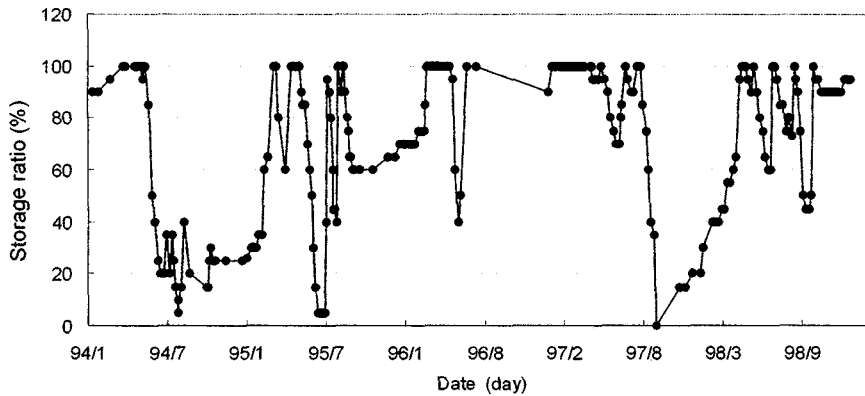


그림 1. 중평저수지 과거 저수율 곡선 (1994~1998년)

$$S_t = S_{t-1} + I_t + P_t - E_t - L_t - O_t - D_t \quad (2)$$

여기서 저수지의 유입량은 유출공이 1~2개인 3단의 탱크모형으로 계산하였고, 저수지의 수면 강수량은 성수 우량관측소의 일별 강수량을 사용하였으며, 수면 증발량은 남원관측소의 소형증발계 증발량에 0.7을 곱한 값을 사용하였다. 저수지의 누수량은 사통을 완전히 닫았을 때의 누수되는 흐름을 기준으로 하고 당시 유량의 10%로 가정하고 여기에 현재 저수율을 곱하여 산정하였다. 물넘이 월류량은 $Q = CLH^{3/2}$ 공식을 사용하였으며, C = 유량계수(2.1), L = 물넘이 길이이다. 저수지의 관측 저수량은 간이 수위표치의 관측 수위와 내용적 자료를 이용하여 환산하였다. 통관 방류량은 추정된 필요수량으로서 저수지로부터 공급되어야 하는 관개수량을 의미하며, 1999년도의 자료는 보정에, 2000년 및 2001년도의 자료는 검정에 사용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 수문분석

가. 강수량

과거 5개년(1994~1998년) 및 조사기간 동안(1999~2001년)의 연도별 년강수량과 관개기간(4월~9월)의 강수량을 보면 표 3과 같다. 1994년부터 1996년까지 가뭄으로 인하여 우리나라 년평균 강수량 1,274 mm의 53.1~76.5%로서 1,000 mm에도 미치지 못한 반면, 1997년부터 2000년까지의 년강수량은 년평균 강수량보다 약간 많은 112~124%의 범위를 보였으며, 2001년도에는 년평균 강수량의 80%를 나타내었다. 한편 관개기가 시작되는 4월부터 관개가 종료되는 9월까지의 강수량을 보면 년강수량의 70.0~93.1%의 범위로서 각 연도별로 차이가 있는 것으로 나타났다.

표 3. 성수 우량관측소의 년강수량

연도	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
강수량 (mm)	677.1	975.0	949.0	1,463.9	1,586.0	1,429.0	1,500.0	1,021.0
관개기 (%)	506.1 (74.7)	908.0 (93.1)	744.0 (78.4)	1,230.6 (84.1)	1,408.0 (88.8)	1,177.0 (82.4)	1,330.0 (88.7)	715.0 (70.0)

*1994년~1997년까지는 1~2월 강수량이 결측된 자료임.

나. 과거 저수율자료

저수율은 총 저수량에 대한 현재 저수량의 비율을 말하며, 관개구역의 필요수량을 만족시키면서 최대의 저수량을 보유하고 저수지가 균일한 저수율로 분포되어 있다면 가장 이상적이고 합리적인 저수지 운영이라고 할 수 있을 것이다.

1994년부터 1998년까지 중평저수지에 대한 기존 관측 저수율 자료를 조사하였으며 그림 1은 5년간의 저수율을 도시한 것이다. 관개기간인 4월에서 9월까지의 연도별 월중 최저 저수율을 보면 1994년은 8월 상순에 5%, 1995년은 7월 상순~중순에 5%, 1996년은 6월 상순에 40%, 1997년은 9월 하순에 0%, 1998년은 9월 중순에 45%를 나타내었으며, 전반적으로 관개가 시작되는 5월 중순부터 저수율이 크게 감소하고, 8월~9월에는 호우시 홍수조절을 위한 통관 방류로 저수율의 변화폭이 달라지며, 관개가 끝난 10월부터 저수율이 다시 서서히 회복됨을 알 수 있었다.

다. 통관유량

통관 지점의 수위표고와 바닥표고를 고려한 보정수위와 유량을 이용하여 수위~유량 관계식 $Q = 4.6723h^{2.7155}$ 를 유도하였다. 여기서, Q는 유량(m^3/s), h는 수심(m)이며, 결정계수 R^2 는 0.9777이다. 유량수문곡선은 수위~유량관계식을 이용하여 WL-14 수위계 기록치를 유량으로 변환하였고, 월별 평균유량은 0.002~0.218 m^3/s 이었다. 시기별로는 본격적으로 관개가 시작되는 5월에 가

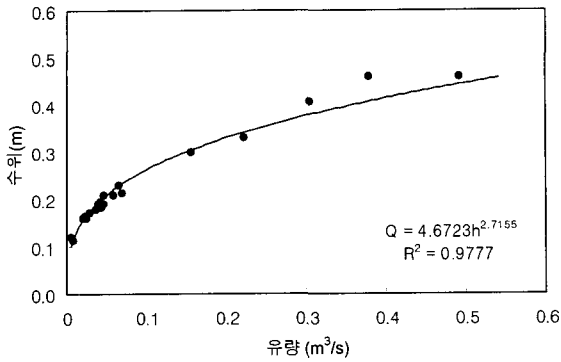


그림 2. 통관 출구지점 수위~유량곡선

장 많은 관개용수를 필요로 하나, 실제적으로는 강수량이 집중되는 8~9월에 홍수조절을 목적으로 하는 통관 방류시 가장 많은 유량이 방류되는 것으로 조사되었다.

2. 물수지 분석

가. 저수지 물수지

저수지 물수지 분석에서는 탱크모형(김현영, 1988)에 의해 계산된 저수지 유입량, 저수지 수면 강수량, 저수지 수면 증발량, 통관에서의 누수량, 물넘이 월류량, 통관 방류량 자료를 이용하였다. 표 4는 관개기간인 4월부터 9월까지의 물수지 분석결과를 월별로 정리한 것이다.

본 저수지의 관개기간 물수지 분석 결과를 보면 1999년도에는 물넘이 월류량 4,258.5천m³, 통관 방류량은 955.8천m³, 2000년도에는 물넘이 월류량 6,193.1천m³, 통관 방류량이 970.5천m³, 2001년도에는 물넘이 월류량 2,816.6천m³, 통관 방류량이 791.8천m³으로 조사되었다. 여기서 저수지의 물넘이 월류량은 1999년, 2000년 및 2001년에 각각 전체 저수지 유입량의 79.7%, 90.1%, 90.2%로서 많은 양이 홍수시 유출되는 것으로 분석되었다. 특히, 2000년도 9월 이후 통관유량이 많은 것은 중평저수지의 제체 누수를 보수하기 위하여 일시적으로 저수지의 물을 방류하였기 때문이며, 일반적으로 5월과 6월의 관개수 공급시기보다 8~9월의 통관유량이 더 많은 것으로 나타났으며, 이는 8월과 9월에 비교적 많은 강수로 인해 소규모 저수지에서 홍수조절을 위한 많은 양이 통관을 통해 방류되기 때문으로 사료된다.

나. 필요수량과 방류량

본 저수지의 경우 평상시에는 1일 단위로 취수시키며, 용수의 수요가 많은 시기에는 4~5일 또는 그 이상 연속적으로 공급하는 양상을 보였다. 본 지구의 필요수량과 관개수량으로 사용되어진 방류량을 비교하기 위

하여 Penman식으로 증발산량을 계산하고 일침투량과 유효우량을 고려하여 필요수량을 산정하였다. 그 결과 1999년의 경우 필요수량은 941.8 mm, 통관 방류량은 1,845.2 mm, 사용량은 912.7 mm이었고, 2000년에는 필요수량 568.6 mm, 방류량 1,873.6 mm, 사용량 442.3 mm, 2001년에는 필요수량은 536.7 mm, 통관 방류량 1,528.6 mm, 사용량 393.8 mm로 분석되었다. 이 결과에서 통관 방류량은 추정된 필요수량보다 큰 것으로 조사되었는데 이는 수로손실과 관리손실을 포함한 손실수량을 더 보내주고, 또한 보수전의 일부 누수와 저수지의 수위 조절을 위하여 부분적으로 방류하는데 따른 것으로 사료된다.

표 4. 관개기간 월별 물수지 분석

년도	월	용 적 (천m ³)					
		통관 유량	수면 강수량	저수지 유입량	물넘이 월류량	수면 증발량	누수량
1999	4	19.6	2.4	261.4	240.5	3.1	1.4
	5	136.0	4.0	450.9	380.5	3.8	1.4
	6	108.3	5.3	635.4	180.5	3.5	0.8
	7	120.0	10.4	1,183.0	969.8	3.0	1.2
	8	318.6	8.5	1,231.8	958.9	2.8	1.3
	9	253.4	9.9	1,580.7	1,528.2	2.4	1.4
	계	955.8	40.6	5,343.1	4,258.5	18.6	7.5
2000	4	37.3	0.9	120.8	80.2	3.3	1.9
	5	98.4	1.3	65.2	34.0	3.7	1.6
	6	95.5	8.7	1,066.4	1,022.2	3.2	1.3
	7	47.7	9.3	1,116.7	1,085.7	3.3	1.9
	8	124.4	15.6	2,422.4	2,316.6	3.2	1.9
	9	567.2	10.7	2,080.1	1,654.4	2.1	1.7
	계	970.5	46.4	6,871.5	6,193.1	19.0	10.3
2001	4	97.0	1.1	98.8	67.1	3.2	0.0
	5	105.9	2.0	201.4	177.7	3.6	0.0
	6	159.3	8.0	1,059.3	971.7	2.6	0.0
	7	92.9	9.5	1,385.2	1,298.8	3.0	0.0
	8	195.3	1.6	170.4	129.2	3.4	0.0
	9	141.5	2.8	206.5	172.1	3.1	0.0
	계	791.8	25.0	3,121.5	2,816.6	18.8	0.0

표 5. 관개기간 필요수량 및 방류량

년도	필요수량 (mm)	통관방류량 (mm)	사용량 (mm)
1999	941.8	1,845.2	912.7
2000	568.6	1,873.6	442.3
2001	536.7	1,528.6	393.8
평균	682.4	1,749.1	582.9

한편, 그림 3, 그림 4 및 그림 5는 관개기간동안 일별 필요수량과 통관 방류량과의 관계를 비교한 것이다. 필요수량과 방류량의 편차가 큰 1999년 8월 상순과 2000년 9월 중순에는 홍수조절을 위하여 물넘이 월류와 통관으로 방류하는데 기인하는 것으로 판단된다. 또한, 2000년도와 2001년도 7월 하순부터 8월 상순까지 필요수량이 방류량보다 많은 이유는 필요한 관개수량 만큼 충분한 강수가 있어 적은 방류량으로도 충족되었기 때문이라 사료된다.

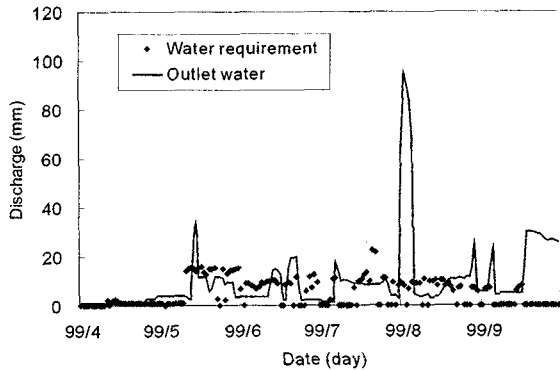


그림 3. 필요수량 및 방류량 비교 (1999년)

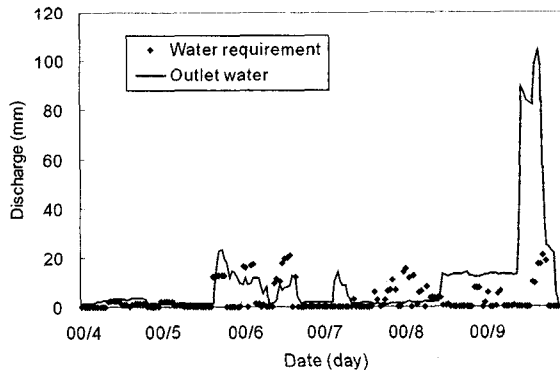


그림 4. 필요수량 및 방류량 비교 (2000년)

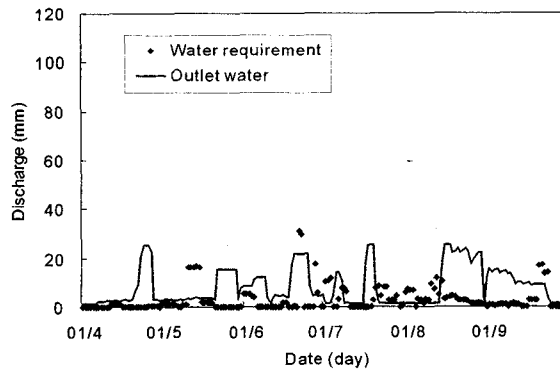


그림 5. 필요수량 및 방류량 비교 (2001년)

다. 관측 및 모의발생 저수율 비교

중평저수지의 일별 저수량과 저수율은 기상 및 관측 자료, 저수지의 수심~내용적 자료를 가지고 물수지 분석에 의하여 계산하였다. 그림 6, 그림 7 및 그림 8은 중평저수지의 관측 저수율과 모의발생된 저수율 곡선을 나타낸 것이며, 전반적으로 각 연도별 저수율을 비교한 결과 관측치와 모의치가 잘 일치되는 양상을 보여 주었다.

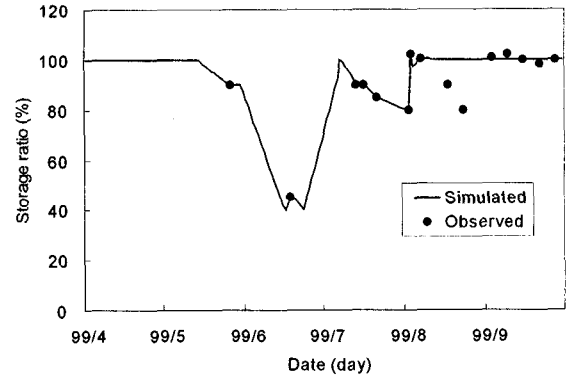


그림 6. 관측 및 모의발생 저수율 (1999년)

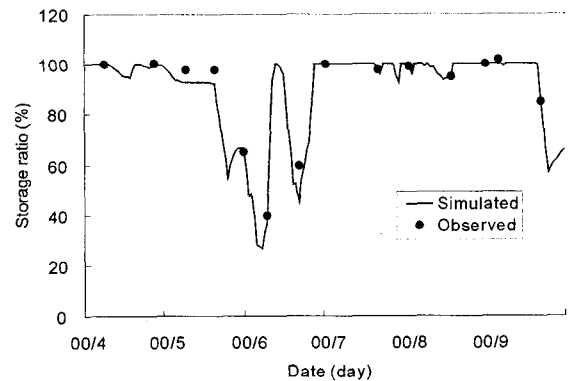


그림 7. 관측 및 모의발생 저수율 (2000년)

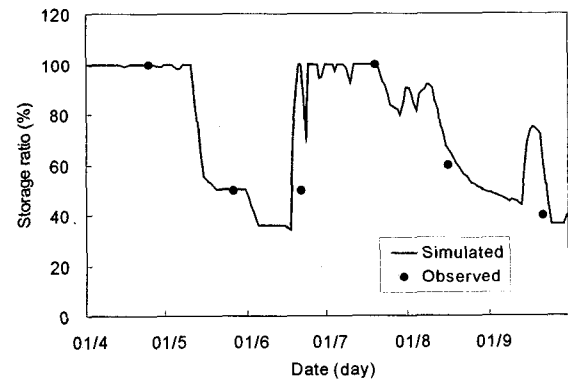


그림 8. 관측 및 모의발생 저수율 (2001년)

1999년도에는 5월까지 봄철 강수량 부족으로 5월 15일부터 저수율이 감소하기 시작하여 6월 16일에 최저 저수율인 40.0%까지 줄어들었다가 다시 증가하기 시작하여 7월 7일에 다시 저수율이 100%까지 회복됨을 알 수 있었다. 이는 6월 16일부터 7월 9일까지 242 mm의 주기적인 강수로 인하여 저수율이 회복된 걸로 판단된다. 8월 및 9월에는 강수가 많아 100%를 유지하였다. 저수율을 비교한 결과 8월 초순부터 9월 초까지 관측치와 모의발생 자료간에 상당한 편차를 보였는데 이는 7월과 8월의 많은 강수에 따른 방류량 조절로서 모의 발생에서는 이러한 인위적인 방류조건을 반영하지 못한 때문으로 사료된다. 2000년도에는 4월 26 mm 및 5월 37 mm로 강수량이 적어 5월 20일 저수율이 92.4%에서 감소하기 시작하여 6월 7일에 최저 저수율인 26.8%까지 떨어졌다가 6월 8일부터 12일까지 5일간 119 mm의 강수로 저수율이 100%까지 회복되었고, 이후 관개공급에 반해 비가 오지 않아 저수율이 6월 21일 45.4%까지 감소하였다. 그러나 7월 266 mm, 8월 4478 mm, 9월 306 mm의 강수량으로 인하여 100%로 올라갔다. 한편, 8월 초순에서 9월 초까지의 관측치와 모의발생 자료와는 차이를 보이는 데 이는 프로그램 적용에서 묘대기부터 용수를 공급하는 것으로 조건이 주어진 반면 실제로는 5월 하순부터 통관을 통하여 물의 공급이 이루어 졌기 때문으로 판단된다. 2001년도에는 5월 중순에 감소하기 시작하여 6월 중순에 최저 저수율인 34.0%까지 저하되어다가 다시 증가하기 시작하여 6월 18일 이후 200 mm 이상의 강수로 인하여 6월 하순에 저수율이 회복되었다.

본 저수지의 경우 1999년부터 2001년까지 3개년의 저수율을 보면 6월에서 7월 사이에 가장 낮은 것으로 나타났으며, 이는 많은 필요수량이 요구되는 묘대기와 이앙기에 강수량이 비교적 적거나 강수에 의한 저수지 유입량보다 관개에 필요한 방류량 등이 클 경우 저수율이 낮아진 걸로 판단된다. 년도별로는 1999년 6월 중순~하순에 40~45%, 2000년은 6월 상순에 26.8%, 2001년은 6월 상순~중순까지 34~38% 이었다. 전반적으로 중평저수지의 관개기간 동안 저수율 변화는 가장 많은 필요수량이 요구되는 5월 중순부터 감소하여 6월 중순에 최저 저수율로 되었고, 장마기간이 시작되는 7월 상순에 저수율이 100%까지 증가함을 알 수 있었다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 관개용 소규모 저수지인 중평저수지를 대상으로 1999년 4월 말부터 2001년까지 수문 모니터링을 실시하여 방류량을 측정하였으며, 관개기간 동안의 통관 방류량을 조사하였다. 또한, 관개지구의 효율적인 물관리 운용을 위한 기초자료를 제공하기 위하여 관개기간동안의 저수지 물수지를 분석하고, 관측자료와 모의발생된 저수량 자료를 비교하였다.

1) 조사기간동안의 년강수량을 보면 1999년도 1,429 mm, 2000년도 1,500 mm, 2001년도 1021 mm이었고, 관개기간인 4월에서 9월까지의 강수량은 연도별로 각각 1,117 mm, 1,333 mm, 715 mm이었다.

2) 저수지 통관 지점의 수문 모니터링 결과 관개기간 동안 통관 방류량은 1999년도 1,845.2 mm, 2000년도 1,873.6 mm, 2001년도 1528.6 mm로 측정되었다.

3) 조사기간 동안 모의 발생에 의한 필요수량은 연도별로 536.7~941.8 mm 범위로 평균 682.4 mm로 추정되었고, 관개용수로 공급된 사용량은 393.8~912.6 mm로 평균 582.9 mm이었으며 묘대기와 이앙기에 가장 많은 농업용수가 공급되는 것으로 분석되었다.

4) 연도별로 저수지의 일별 저수량 모의 발생값과 관측자료를 비교한 결과 잘 일치하는 양상을 보여주었다. 전반적으로 관개기간 동안 가장 많은 필요수량이 요구되는 5월 중순부터 6월 중순 사이에 최저 저수율을 보였고, 장마기간이 시작된 7월 상순에 저수율이 100%까지 상승하였다.

참고문헌

1. 강민구, 박승우, 임상준, 1999, 관개용 저수지의 일별 사용량 조사 분석, 1999년도 한국농공학회 학술 발표회 논문집 : 247-252
2. 김현영, 1988, 관개용 저수지의 일별 유입량과 방류량의 모의발생, 서울대학교 대학원 박사학위 논문
3. 농림부, 1998, 농업생산기반정비사업계획설계기준 (관개편)
4. 농림부, 농업기반공사, 1997, 영농방식 변화에 따른 필요수량 변화연구
5. 서울대학교 농업개발연구소, 1998, 한강유역 농업용수 실제 사용량 및 회귀율 조사
6. 안승섭, 장인수, 이수식, 1997, 소규모저수지의 최적 용수공급능력 결정에 관한 연구, 한국농공학회지 39(5) : 109-122
7. 이기춘 외, 1990, 농업수리학, 향문사
8. 정하우, 박태선, 최진용, 1998, 농업용 저수지 설계를 위한 저수량 최적화모형의 개발, 한국농공학회

- 지 40(2) : 69-80
9. 진안군, 2002, 진안군 통계연보
 10. 한국건설기술연구원, 1997, 수자원 계획의 최적화 연구(I)
 11. 한국수자원공사, 1992, 숫자로 본 수자원
 12. Simonovic, S. P., 1992, Reservoir systems analysis : Closing gap between theory and practice, J. Water Resources Planning and Management, ASCE 118(3) : 262-280
 13. Yeh, W. W-G., 1985, Reservoir management and operation models : A state-of-the-art review, Water Resources Research 21(12) : 1797-1818