

물관리 조직 통합에 따른 김제 지역 수리시설의 효율적 운영

Improvement of Irrigation Facility after Merge of Water Institutions in Gimje Area

박 상 현*, 김 영 길**, 최 운 기**, 한 경 태***
Park, Sang-Hyun, Kim, Young-Gil, Choi, Un-Ki, Han, Gyeong-Tae

Abstract

Based on the innovation of national infrastructure, 187 Water sectors were merged into 87 branch offices and many employees were released institutions, since 1999. In Dongjin Branch Office where most of irrigation water comes from Seomjin River Dam, it was inevitable to increase the benefit area to 38,200 ha followed by 982 ha of transferred area from Mangyeong River estuary area. The area had been suffered from shortage of irrigation water and easily inundated during high tide in the coast. After merge of water intitutions, water management system was changed magnificently. The flow section of Buyong Canal has been expanded to supply irrigation water for 400 ha from the Seokdam pump station lecated in mangyeong River. It contributed to decrease in the operation cost of Honam Pump Station that supplies irrigation water from Seomjin Dam. A mathematical model is developed, based on stochastic theory, for the optimal allocation of irrigation water between Seomjin Dam and other related facilities. At the outlet of Buyong stream, several sluice gates were repaired to store water during drought period and release flood discharge to Mangyeong River during monsoon season. After the rehabilitation of the water management system, transplantation of paddy rice was performed successively, in spite of tremendous drought during Monsoon season in 2001.

In conclusion, there has been successful innovation and efficient rehabilitation of irrigation and drainage system after the merge of water institutions.

I. 서 론

우리나라 쌀 생산의 유서 깊은 고장인 동진강 하류지역은 서기 330년에 축조된 벽골제와 1929년에 설치된 섬진댐(구 운암저수지)에서 시작되는 용수로 시설, 1930년에 확장된 능제

등 다양한 수리시설을 갖춘 곳이다. 이 지역의 물관리 조직은 1925년 동진수리조합이 설치된 이후 1941년에 고부 및 영원수리조합과 병합되고, 1965년 섬진댐이 증설되고 부안 지역의 논 9,074 ha도 1981년에 병합되었다. 2000년 정부의 구조 조정 정책에 따라 물관리 김제지

* 농업기반공사 농어촌연구원 새만금연구실장
(pshpark@karico.co.kr)

** 농업기반공사 동진지사 시설관리부장

*** 농업기반공사 새만금사업단 환경지원팀장

키워드 : 물관리, 김제지역섬진댐, 시계열, 물 공급 수량

역, 동진조합은 농업기반공사의 동진지사로 바뀌고, 2001년 공사의 전주지부에서 관리하던 만경강 연안의 백구지역이 동진지사로 편입되었다. 이 지역은 해안 저지대에 위치하기 때문에 수원 확보가 어렵고 해수에 의한 염수 피해와 홍수 피해가 상존하는 곳이다. 섬진댐은 258백만 m³의 농업용수를 확보할 수 있지만, 38,000 ha에 달하는 이 지역의 가뭄 해갈에 충분하지 못하다. 김제, 부안 및 정읍 지역으로 분기되는 용수간선은 해안의 평탄지역에 위치하므로 수로의 흐름이 매우 완만하여 수로의 퇴적과 잡초의 번성이 심하다. 특히, 이들 용수로는 1927년에 설치된 이후, 계획도 간척사업 등 만경강과 동진강 연안의 수혜구역이 증가되어 용수량을 원활히 공급하기 어렵다. 이 지역의 용배수 조직을 원활히 운영하기 위하여 섬진댐의 관개 기간별 수위 변화를 정확히 예측하여 적기 적량의 용수를 공급하기 위한 최적화 기법을 개발했다. 그리고 만경강 연안의 소규모 양수장을 저렴한 비용으로 확장하여 용수 공급량을 확충하여 2001년 가뭄을 극복하고, 하천 퇴수를 활용하기 위하여 설치된 제수문도 홍수기 이전에 미리 개방하므로써 상습적인 침수피해도 방지하였다.

수와 수력발전용수를 공급하는 다목적 댐으로 변모되었다. 새로운 댐에서 수력발전용수는 수위가 184.6 m 이상일 때만 방류토록 허용하였으나, 1994년 한발에 따라서 그 수위를 188.6 m로 높이고, 유효 저수량 중 농업용수량을 258 백만 m³, 발전용수량을 171 백만 m³으로 할당하였다. 섬진댐에서 방류되는 농업용수와 발전용수는 동진강에 유하되며, 보림보에서 부안으로 분기되는 동진용수로에서 우선 취입된다. 이의 하류에 설치된 낙양보에서 취입되는 김제용수간선은 정읍지역을 거쳐서 김제시 부랑면에 설치된 벽골제 제방을 용수로 좌측둑으로 하여 만경강 하구의 만경읍과 백구면의 수혜구역까지 용수를 공급한다. 이 지역 연안 하류에는 1991년 착공된 새만금 방조제 물막이공사가 추진 중이며, 2011년에 새만금사업이 완료되면, 용배수 여건은 개선될 전망이다.

이 지역의 용수공급은 용수로 구간별로 매주마다 하루 또는 이틀 정도를 급수하는 간단관개에 의존하며, 이 지역에서는 이를 급수일할

II. 섬진댐의 물관리 체계

섬진댐은 전북 임실군에서 발원하여 전남 구례군으로 흘러내리는 섬진강 상류에 설치된 유역면적이 76,200 ha인 콘크리트 댐이다. 이는 1928년, 정읍과 김제 지역의 14,560 ha의 논에 급수하기 위하여 설치된 이후, 1965년 댐 높이를 33m에서 64 m로 높이고 저수량을 60백만 m³에서 466 백만 m³로 확장하고 기존의 농업용

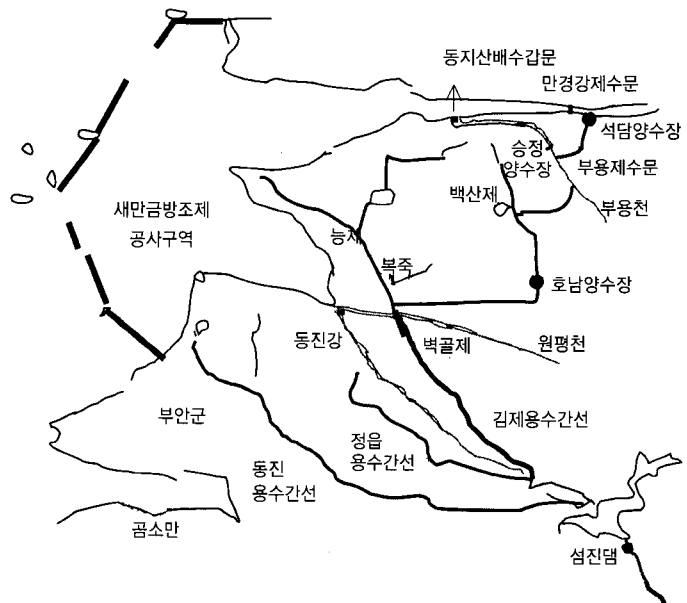


Fig. 1. Layout of water management area in Dongjin Branch Office

(給水日割)이라고 칭하여 매년 급수기 초기에 주민들에게 이를 알리어 시행하고 있다. 그러나 가뭄이 심하면 일부 농민들은 이를 어기며 닫혀진 수문을 함부러 열거나 파손하면서까지 임의로 급수하기도 한다.

이 지역은 아직까지 논의 증발산량이나 삼투량 자료나 이를 산정할 수 있는 계측시설이 없으며, 수로의 수심과 유속을 측정하는 장비가 미흡하기 때문에 댐의 방류와 용수로의 물 배분은 전적으로 경험에 의존하고 있다. 다행스럽게도 섬진댐의 수위는 1980년 이후 지금까지 21년간 매일 10시에 관측하여 잘 보존하고 있다.

본 연구에서는 이 관측자료를 이용하여 관개

기간 중 섬진댐의 수위 변화를 예측하고 최적의 용수 공급체계를 구축하는데 기여하고자 한다. 급수단계별 댐의 수위는 임의로 변하며 발생하는 강우와 기온과 습도 등의 기상 여건에 관련된 용수공급량에 의하여 결정된다. 이를 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$X_{(n+1)} = t_n(X_n, U_n, Q_n) = X_n - U_n + Q_n \quad (1)$$

여기서, 좌변의 X는 예측하고자 하는 다음 단계 (sequential stage)인 n+1단계의 저수량 수준이, U는 현 단계 (present stage)인 n 단계의 용수공급량, Q는 강우에 의한 댐 유입량, t_n 는 유역 특성에 따라 변화되는 n 단계의 상태를 나타내는 함수이다.

섬진댐의 수위별 저수량의 변화는 Fig. 2에 나타나 있으며, 또한, 강우에 따라 댐의 상류에서 유입되는 수량은 Fig. 3에 나타나 있다. 이는 1980년부터 2000년까지 섬진댐에서 일별로 관측된 강우량과 저수위 변화 자료에 의하여 분석되었으며 다음의 회귀식으로 나타낼 수 있다.

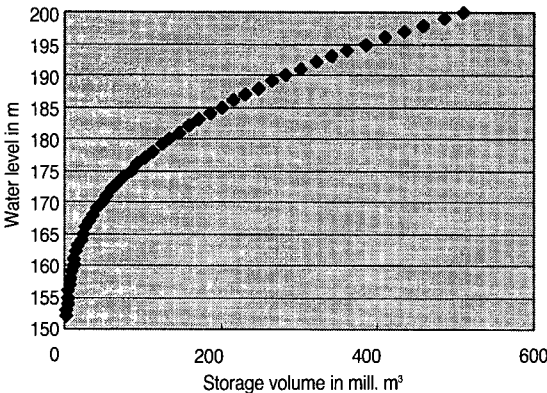


Fig. 2. Storage volume of Seomjin Dam

$$Q = 1.5316 Ri^2 + 372.25 Ri - 3,692 \quad (2)$$

여기서, Q는 댐의 유입량 (m^3), Ri는 일별 강우량 (mm/day)이다. 식 (2)의 상관계수는 0.97로 분석되었다. 또한, 한발에 대비하여 10일간 총 강우량이 10 mm이하인 경우만을 대상으로 분석한 결과는 다음 식과 같다.

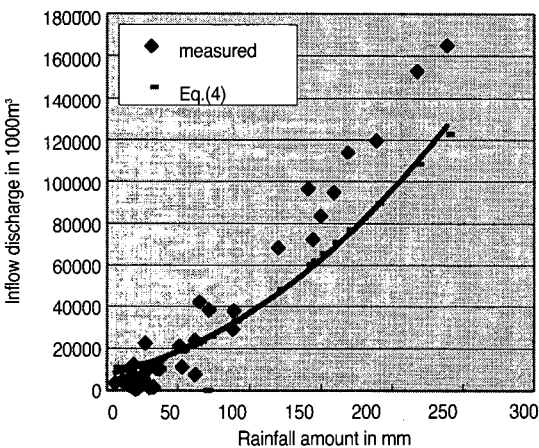


Fig. 3. Relation between Inflow and Rainfall in Seomjin Dam

$$Q_a = 1,049 Ri^2 + 105.25 Ri - 1000 \quad (3)$$

$R \leq 10.0 \text{ mm}$

여기서, Q_a 는 10일간 누가 강우량이 5 mm/day 이하인 경우의 댐 유입량이다. 식 (2)는 식 (4)의 가지야마 공식과 비교 분석되었다.

$$C = (Rm^2 + (138.6 f + 10.2)^2)^{0.5} - 138.6 f + E \quad (4)$$

여기서, C 는 10일간의 유입량이며, Rm 는 10일간의 강우량, f 값은 유역상태를 나타내는 조정계수이며, E는 계절별 조정계수이다. 본 연구에서 f 값은 1.0, E 값은 0으로 정하였으며, 이는 관측 자료에 의하여 검증된 결과이다. 식 (3)에 의한 유입량은 가지야마 식에 비하여 100 mm 이하의 강우가 발생하는 경우, 관측 값에 잘 접근하지만, 강우량이 증가할수록 차이가 커진다.

수위 관측 자료에 의하여 각 급수 단계별 저수위의 상관성을 예측하였다. 이는 21년간 일별로 관측된 점진담를 10일 간격으로 서로 비

교한 결과이다.

Fig. 4는 분석 결과 중의 일부로서 5월 20일의 수위 자료에 의하여 10일 간격으로 향후 변화되는 수위를 예측한 결과이다. 또한, Fig. 4의 결과는 다음의 회귀식으로 나타낼 수 있다.

5월 20일 수위에 의한 5월31일의 수위 (after 11 days : 5M/5L) :

$$Y_{5L} = - 0.0073 X_{5M}^2 + 3.745 X_{5M} - 261.28 \quad (R^2 = 0.986) \quad (5-1)$$

5월 20일 수위에 의한 6월 10일의 수위

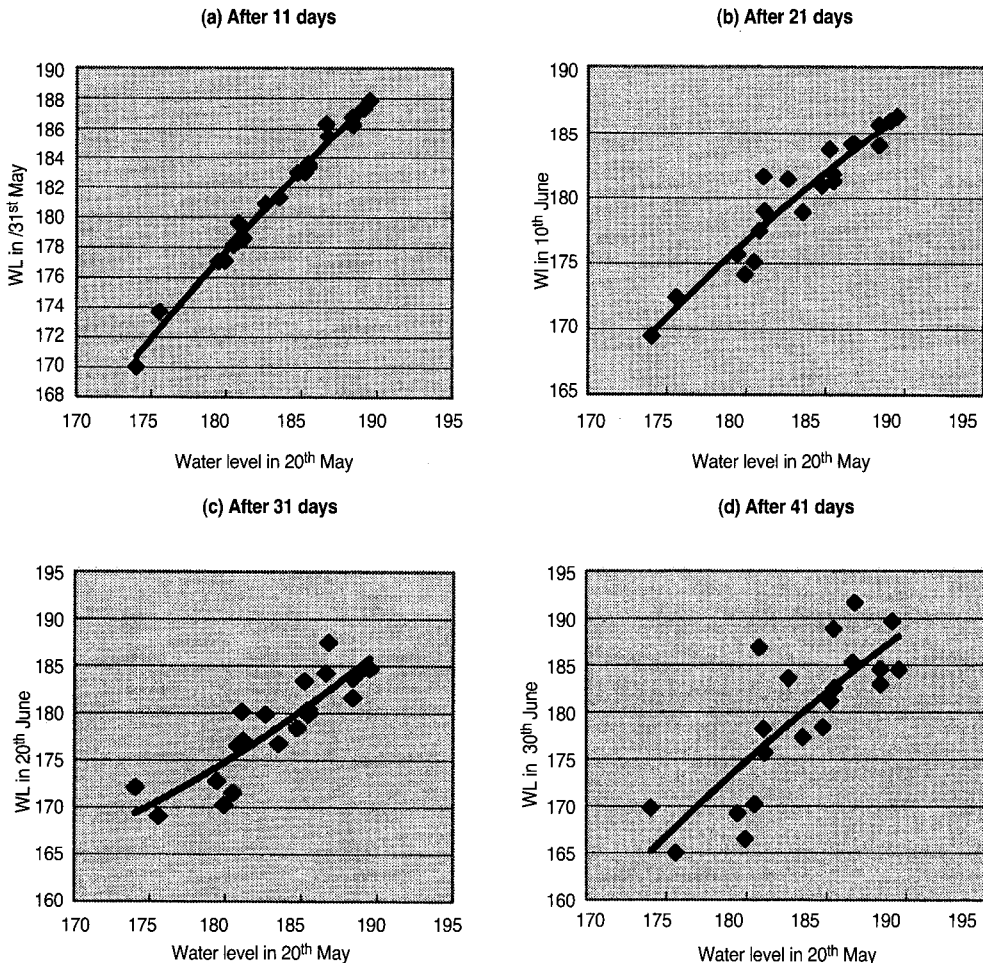


Fig. 4. Water level prediction in June based on water level in 20th May

(after 21 days: 5M/6E) :

$$Y_{6E} = - 0.0121 X_{5M}^2 + 5.456 X_{5M} - 413.66 \quad (R^2 = 0.909) \quad (5-2)$$

5월 20일 수위에 의한 6월 20일의 수위
(after 31 days : 5M/6M) :

$$Y_{6M} = 0.0159 X_{5M}^2 - 4.702 X_{5M} + 507.11 \quad (R^2 = 0.768) \quad (5-3)$$

5월 20일 수위에 의한 6월 30일의 수위
(after 41 days : 5M/6L) :

$$Y_{6L} = - 0.0138 X_{5M}^2 + 6.507 X_{5M} - 548.63 \quad (R^2 = 0.637) \quad (5-4)$$

여기서 5월 20일의 수위는 11일 후인 5월 31일의 수위와 선형적인 관계를 나타내며, 상관계수는 0.986으로서 매우 높은 상관성을 나타낸다. 그러나, 예측일 간격이 증가할수록 상관성은 저하되며, 이는 강우량과 급수량이 임의적으로 변화되는데 기인한다. 41일 이후인 6월 30일의 수위 예측 결과는 상관계수가 0.637

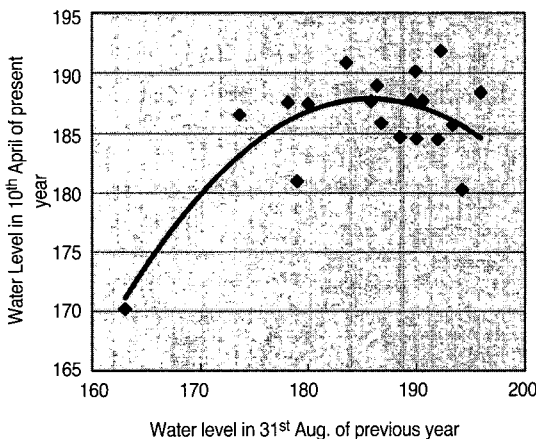


Fig. 5. Water level prediction in 10th April depending on the water level in 31st August of previous year

로서 비교적 낮은 값을 나타내지만, 5월 20일의 수위가 181 m 이하로 유지되면 6월 30일의 수위는 170 m 이하로 하강한다. 이러한 수위는 Fig. 2에서 검토한 결과 50 백만 m³ 이하의 저수량을 확보하는 결과로서 농업용 저수량의 20 % 정도로서 강우가 없는 경우 3주 정도 급수할 수 있는 저수량에 불과하다. 이러한 결과는 5월의 낮은 저수위는 계속되는 가뭄에 의한 것으로서 댐의 기저 유입량이 줄어들고, 모내기철의 공급요구량이 실제 증발산량의 증가에 따라 급격히 증가하는데 따른 것이다.

또한, 한 해의 급수 원료 단계의 댐 수위와 다음 해의 급수 초기의 댐 수위를 비교하였다. 이는 다음 해의 가뭄에 대비하여, 인접지역에서 보충되어야 할 용수공급량을 비롯하여 농민들의 논물 가두기와 건담 직파, 집단 못자리의 필요성과 적정 규모를 파악하는데 적용하기 위하여 분석되었다. 이를 위하여 급수량이 감소되는 8월말의 심진댐 저수위와 다음 해 급수가 시작되는 4월 초순의 저수위를 비교하였다.

이의 분석 결과는 Fig. 5에 나타나 있으며, 그림의 좌측 하단의 낮은 수위는 가뭄이 극심하였던 1994년 8월 31일과 1995년 4월 10일의 저수위이다. 이의 분석 결과, 8월 하순의 저수위가 180 m 이상이면 다음 해 4월 초순의 저수위는 대부분 185 m 이상 유지되어 모내기용수 확보에 비교적 만족스러운 상태를 예상할 수 있다. 그러나, 8월 말의 수위가 175 m 이하인 경우, 수력발전을 제한하거나, 보충수 확보를 위한 준비가 필요하다. Fig. 5의 결과는 식 (6)의 회귀식으로 나타낼 수 있다.

$$Y_{4E} = - 0.033 X_{8L}^2 + 12.093 X_{8L} - 935.48 \quad (6)$$

여기서, Y_{4E} 는 4월 초순의 저수위이며, X_{8L} 는 8월 하순의 수위이다. 식 (6)의 회귀방정식의 상관계수는 0.615로서 이러한 작은 상관성은 비교되는 기간의 간격이 큰데 따른 것으로

판단된다.

한편, 이와 같은 연속된 급수기간의 수위는 Markovian 이론에 의하여 확률적인 예측기법에 의하여 분석될 수 있다. 즉, Markov process 이론에 의한 확률 분포는 다음과 같이 정의된다.

$$P(X_{t+1} = j / X_t = i)$$

여기서, P 는 현재 (t)의 저수위 수준이 I인 상태에서 다음 단계 (t+1)의 수위가 j인 상태로 변화될 때의 확률 분포이다. 이의 계산과정은 Warren Viessman (1977)을 참고하여 다음 식으로 풀이된다.

$$PI(X_{t+1}) = PI(X_t) P_{ii} \tag{7}$$

여기서, PI (X_{t+1}) 은 다음 단계인 t+1에서 I 수준으로 변형되는 확률이며, PI (X_t)는 현재 상태인 t 단계에서 I 수준인 상태 벡터이다. 또한, P_{ii}는 다음 단계에서 I수준에서 j 수준으로 변화되는 확률로서 행렬식의 형태로 구성된다.

Table 1의 윗부분은 5월 20일의 저수위 수준에 따른 6월 30일의 각 저수위 수준의 연속된 발생년도 수와 이에 따른 저수위 수준별 확률적 변화를 행렬식 (transition probability matrix) 형태로 도출된 결과로서 식 (7)에서 P_{ii}의 변화 확률을 나타낸 것이다. Table 1의 윗부분의 하단부의 좌측의 확률 (0,1,0,0) 등

Table 1. Transition probability matrix of water levels 20th may and 30th June

Stage	1 Below 175m	2 175 m-180 m	3 180m-185m	4 more then 185m
State I 20 th May	State j =1 30 th June	State j =2	State j =3	State j =4
i = 1	1 years	0 years	0 years	0 years
i = 2	3	0	0	0
i = 3	1	4	2	1
i = 4	0	0	3	5
PI (X _t)				
(1,0,0,0)	1.00	0.00	0.00	0.00
(0, 1,0,0)	1.00	0.00	0.00	0.00
(0,0, 1,0)	0.13	0.50	0.25	0.13
(0,0,0, 1)	0.00	0.00	0.38	0.63
SP	0.99	0.01	0.00	0

Table 2. Transition matrix of water levels 31st August and next year

Stage	1 Below 175m	2 175 m-180 m	3 180m-185m	4 more then 185m
State I 31 st August	State j =1 10 th April	State j =2	State j =3	State j =4
PI (X _t)				
i = 1	0.33	0.33	0.33	0.00
i = 2	0.00	0.00	0.25	0.75
i = 3	0.00	0.00	0.25	0.75
i = 4	0.00	0.08	0.25	0.67
SP	0.00	0.06	0.25	0.69

Table 3. Probability of water levels in May and August

Stage	j = 1 Below 175m	j = 2 175 m-180 m	j = 3 180m-185m	j = 4 More then 185m
20 th May				
1	0.00	0.00	0.00	1.00
2	0.00	0.00	1.00	0.00
3	0.29	0.14	0.43	0.14
4	0.00	0.13	0.25	0.63
SP	0.11	0.11	0.37	0.42
10 th August				
1	0.50	0.00	0.00	0.50
2	0.33	0.67	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.50	0.50
4	0.21	0.00	0.07	0.71
SP	0.27	0.00	0.09	0.64

의 벡터 형태를 보여주는데 이는 현 단계에서 발생된 저수위를 100 % 확률로 정한 것이며, $j = 1-4$ 까지의 확률은 식 (7)에서 현재 수준의 확률인 $PI(X_j)$ 의 값을 수위 수준에 따라서 (0,1,0,0) 등 벡터 값으로 산정된 결과이다. 결과적으로 다음 단계의 발생년도의 i 수준이 j 수준으로 되는 확률은 각 수준 별 발생 년도 수의 백분율과 같다. 또한, SP는 현재의 저수위 수준에 독립적으로 발생하는 안정상태의 확률 (steady state probability)로서 $PI(X_{i+1})$ 의 벡터 값을 $PI(X_i)$ 으로 정하여 되풀이하여 산정하여 그 값이 일정한 수준에 수렴한 결과이다.

Table 1의 분석 결과, 궁극적으로 5월 중순의 저수위에 따른 6월 하순의 저수위는 175 m 이하로 될 확률이 99 %로 나타나지만, 이는 자료수가 20개로서 매우 부족한데 기인하기 때문에 좀더 많은 자료로 분석할 필요가 있다.

Table 2는 현재의 8월 하순 저수위에 의하여 다음해 4월 초순의 저수위를 예측한 결과로서 8월의 수위가 높아질수록 다음해 4월의 수위도 증가되는 추세의 확률을 나타내며, 안정상태의 확률 (SP)은 185 m 이상될 확률이 69%로서 비교적 높은 수준으로 나타났다.

Markovian 이론에 의한 확률적인 예측기법에 의하여 섬진댐의 저수의 용량 적정성을 검토할 수 있다. 즉, 20년간 관측된 급수 단계별 수위 자료 중 급수 공급량이 비교적 많은 5월 중순과 8월 초순의 저수위 자료에 의하여 연속된 2년간의 수위 자료의 상관성을 저수위 수준 별 확률 변화에 관한 행렬식 형태로 도출하여 식 (7)에서 PI_j 의 변화 확률을 만들어 안정상태의 확률로 산정하였다. Table 3은 5월 중순과 8월 초순의 각각의 확률 행렬식 (PI_{ij})과 안정상태의 각 수준 별 확률 분포를 나타내고 있다. 이의 분석 결과, 5월 중순에 저수위가 185 m 이상 될 확률은 42 % 정도이며, 8월 초순 저수위가 185 m 이상이 될 확률은 64 %로 나타났다.

이는 5월 중순에 모내기 등의 급수량이 급증하는데 비하여 8월 초순에는 증발산량이 많지만, 5월에 비하여 용수 공급량이 적은데 따른 것으로 판단된다.

또한, 이 시기에 저수위가 175 m 이하로 될 가능성이 각각 5월 중순에 11 %, 8월 초순에 27 %로 나타나기 때문에 가뭄의 가능성도 상존하고 있다.

이러한 결과는 급수 단계별 농업용수와 수력

발전 용수의 방류 계획을 수립하고, 물 부족 시에는 건담 직파 면적과 집단 모자리 계획을 수립하는데 적용될 수 있다.

Ⅲ. 김제 수혜구역의 물관리

섬진댐의 용수는 운암 취수구에서 동진강에 방류되어 인접구역에 급수되며, 보림보에서 보림 용수지선이 분기된 후, 낙양보에서 정읍 용수간선과 김제 용수간선이 분기된다. 또한, 칠보취수구에서 방류된 물은 칠보 발전소에서 수력발전전에 사용된 후, 동진강 도수로로 통하여 부안 지역에 급수된다. Table 4는 이들 수로의 수혜면적과 통수량 및 필요 수량을 나타낸 것으로서, 대부분의 수로는 용수 공급 능력이 부족하다. 특히, 김제 용수간선은 수혜면적이 22,110 ha로서 최대 용수량이 55.3 m³/s에 이르지만 용수로 규모가 작기 때문에 통수량은 25 m³/s에 불과하다..

김제 용수간선의 용수공급능력이 부족한 것은 섬진댐 설치 이후 동진강과 만경강 하류의 간척사업으로 수혜수역이 증대되었으나, 용수로의 증설 및 보강 개발이 지연되고 있기 때문이다. 이를 극복하기 위하여 벽골제 부근의 원평천에 섬진댐 물을 미리 방류하여 저류한 후 포교 양수장과 월촌 양수장 등을 통하여 다시 양수하여 하류에 공급하며, 만경지역의 급수를 위하여 능제 양수장을 통하여 능제에, 백산면

지역을 위하여 호남 양수장을 통하여 백산제에 미리 양수하여 저류한 후 급수하는 실정이다.

논의 공급수량은 작물의 증발산량과 논외 삼투량 및 수로 및 관리손실 등에 손실량에 따라서 정해진다. 김제지역은 해안 충적층 지대에 있기 때문에 평상시 논외 삼투량은 2-3mm/day 정도로 작으나, 모내기 철의 씨래용수량과 관리손실이 크기 때문에 5월 중순 이후 모내기 철의 용수량은 급수기간 중 가장 많이 소요된다. Fig. 6은 가뭄이 매우 심하였던 1995년의 섬진제 저수위 변화에 따른 수혜 구역의 물 공급량과 소요수량을 비교한 것으로서, 모내기에는 매우 제한적으로 급수되었으며, 가뭄이 계속됨에 따라서 7월 20일 경에는 급수를 중단할 수 밖에 없었다. 7월말부터 강우가 시작되어 8월 중순에 가뭄이 해갈되었으나, 쌀 생산량은 매우 감소되었다.

이 지역의 물 공급량과 생산량을 비교하기 위하여, 섬진댐 급수 자료와 농업기술센터에서 조사한 생산량을 10년간 조사하여 분석하였다.

이의 결과에 따라서 다음과 같은 생산량 함수를 도출하였다.

$$Y_p = -0.0256 CU^2 + 13.598 CU - 1255.4 \quad (8)$$

여기서, Y_p 는 논외 단위 면적 당 쌀 생산량 (kg/1000m²), CU는 8월 말까지 섬진댐에서 공급한 물 소요량 (million m³)이다. 이 식의

Table 4. Capabilities of irrigation canal

Irrigation canal	Irrigated area ha	Capable flows m ³ /s	Demand flows m ³ /s
Total	38,201	43.2	95.5
Gimje canal	22,110	25.0	55.3
Dongjin canal	14,138	12.0	35.3
Jeongup canal	1,197	4.5	3.0
Borim canal	756	1.7	1.9

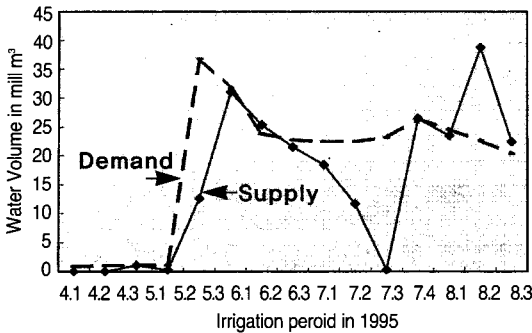


Fig. 6. Water demand and supply for paddy rice in 1995

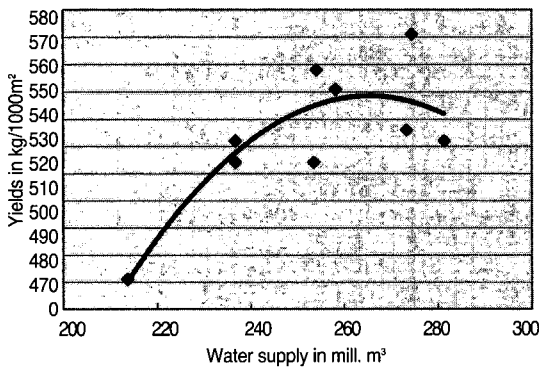


Fig. 7. Paddy rice yields as function of supplied water from April to August

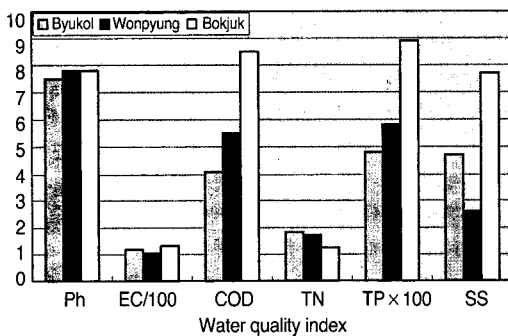


Fig. 8. Water quality in Gimje Irrigation Canal

상관계수는 0.72로서 비교적 높은 상관성을 나타낸다. 쌀의 최대 생산량은 소비량이 266 백만 m³ 인 경우로서 물 소비량이 더욱 증가하면 생산량은 감소 추세를 나타낸다.

이 지역의 용수로와 배수로의 흐름은 8월 초 순경, 수로에 번성하는 수초로 인하여 매우 지체하게 된다. 이에 따른 물부족은 매우 심각하며, 섬진댐의 물이 풍부한데도 용수로 단면이 부족하고, 수초가 무성하여 논에 급수가 어려워 논바닥이 갈라지는 경우가 많다. 2001년 8월 31일 김제용수간선의 벽골제 하류지점에서 측정된 유속은 0.2 m/s로서, 이는 봄철의 유속인 0.5 m/s보다 매우 감소된 것이다. 2001년부터는 수로에서 제초제 사용이 금지되었기 때문에 주민들을 동원하여 낫으로 제초하며 따라서 수초의 피해는 더욱 증대되었다.

김제 간선의 수초는 벽골제 하류 원평천에서 양수하는 포교양수장 하류에서 더욱 번성한다. 이 구역은 농촌의 생활 및 축산 폐수 등의 하수 시설이 낙후되어 있고 특히, 벽골제 하류의 신기마을 등의 일부 하수는 용수로에 유입되기도 한다. 이 구역의 수초 번성과 원평천에서 양수되는 물의 영양물질 관계를 검토하기 위하여 수질조사가 8월 31일에 김제용수간선의 유로 중 벽골제 구간 하류, 이와 교차하는 원평천 그리고 벽골제 하류 5 km에 있는 복죽용수지선의 분기점의 세 지점에서 수질 시료를 채취하고 이를 새만금사업단의 환경지원팀에서 분석하였다.

이의 분석 결과는 Fig. 8에 나타나 있으며, COD는 벽골제 지점에서 4.2 mg/L의 수준을 유지하지만 이의 5 km 하류의 복죽 지점에서는 8.5 mg/L로 증가한다. 산도 (Ph), 전기전도도 (EC), 총인 (TP) 등의 수질 영향 인자들도 하류로 갈수록 증가하는 것으로 나타나며, 이는 이 구역에서 유입되는 오염 부하량에 기인한다. 다만, 총 질소 (TN)만은 감소 추세를 나타내는데 이는 수로에 번성한 풀들이 질소를 흡수하는데 따른 것으로 판단된다. 이러한 수질 수준은 비의 관개용수로 수질 기준에 적합한 편이지만, 과다한 질소와 인이 용해된다면 태풍 시 비의 도복의 위험을 초래하며 쌀맛이 나빠질 수 있다. 또한, 과다한 인이 함유된 관개용수가 공급되어 논에 농축된다면 모내기

철에 논에 잡초의 번성을 초래하여 어린 모의 생육을 저해할 수 있다. 따라서, 적절한 용수량의 공급은 물의 절약 뿐 만 아니라 쌀의 생산량과 쌀 맛을 높이는데 중요한 과제이다.

또한, 농업용수에 용해된 적절한 영양물질은 수로변의 식물 생태 환경에 기여하지만 과도한 축산폐수와 생활용수를 용수로에 방류하는 일은 수초를 번성하는데 기여하므로 이를 방지하도록 적절한 농촌 배수시설이 필요하며, 용수 수요량이 많고 잡초의 번성이 극심한 8월 초순 이후에는 주기적인 제초작업이 수행되어야 한다.

IV. 물관리 조직의 통합에 따른 개선 효과

정부의 물관리 조직의 통합 정책에 따라서 전주농지개발조합에서 관리하던 만경강 하류 연안인 백구면의 984 ha의 농지에 대한 물관리 업무를 2001년부터 농업기반공사 동진지사가 통합적으로 관리하게 되었다. 이 지역은 만경강 상류 유역에 있는 구이저수지에서 급수되고 있으나, 하류에 편재되어 있기 때문에 용수량이 항상 부족하여 만경강 연안과 배수로에 설치한 소규모 양수장과 집수암거 등을 활용하여 왔다. 특히, 부용천 배수로를 막아서 설치한 세 군데의 제수문에서 용수를 공급하고 있으나, 홍수시 수문의 개방 시 지역 농민들간의 분쟁으로 많은 민원이 제기되는 곳이다.

2001년 봄 가뭄이 극심해진 상황에서 신속한 한해대책이 검토되었다. 이미 설치된 수리시설 중 만경강 연안에 설치된 석담양수장은 1930년에 설치된 시설로서 양수능력이 75마력인 펌프 1대에 불과한 소규모의 노후 시설이지만, 만경강의 수원이 비교적 풍부하고 양정 높이가 약 7 m에 불과하여 기계적 효율이 양호하기 때문에 우선적으로 양수장의 모터와 전기시설을 보강하게 되었다. 양수량이 증가함에 따라서 부설된 용수로의 규모도 준설공사를 통하여 증대시켰다. Fig. 9는 석담 양수장에서

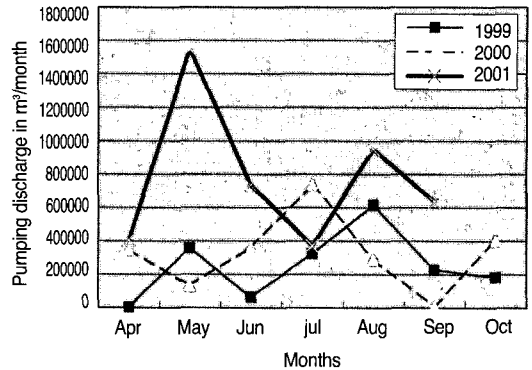


Fig. 9. Water supply in Seokdam pump station

최근 3년간 공급된 용수량을 나타내며, 2001년 5월에 공급된 1,550천 m³의 용수량은 1999년과 2000년에 공급된 수량의 4배 이상이다. 또한, 당초 설계된 석담양수장의 수혜구역은 190 ha이지만 2001년의 수혜면적은 400 ha에 이르고 있다.

석담양수장의 용수의 일부는 부용천에 저류하고 하천 퇴수를 차단하던 부용제수문은 6월 이후부터 홍수에 대비하여 개방함으로써 연례적으로 발생하던 침수 피해를 방지할 수 있게 되었다. 한편, 섬진댐의 용수를 이 지역까지 공급하던 호남 양수장과 부용천 부근의 다섯 개의 소규모 양수장 및 육백 여개의 관정들도 운용시간이 단축되고 물관리 인력의 감축에도 불구하고 원활하게 시설들이 관리될 수 있었다.

특히, 1969년에 설치된 호남 양수장의 두개의 모터는 각각 1100 마력 씩이며, 총 양정은 30 m에 이르기 때문에 석담양수장의 활용은 전력에너지 절감에도 크게 기여하게 되었다. Fig. 10은 2001년에 발생한 강우량과 호남 양수장에서 공급된 용수량을 월별로 나타내고 있다. 2001년의 강우량은 급수기간 중 510 mm로서 이는 평년의 강우량에 비하면 60%에 불과하다. 이 그림에서 9월 말에 급수량이 많은 것은 2002년도 관개 용수량을 미리 확보하기 위하여 인근의 백산 저수지에 저류하였기 때문이다.

이와 같은 효과적인 용수량 확보 결과에 따

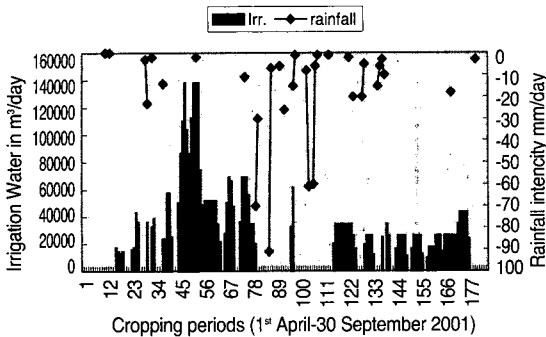


Fig. 10. Irrigation water supply in Honam Pump Station in 2001

라서 석담양수장의 용량을 더욱 증대하고 용수로 시설도 확충하기 위한 사업이 계획되었다. 이는 75 마력의 양수모터 용량을 195마력으로 증설하고 인근의 송정양수장도 150마력으로 보완하여 수혜면적을 140 ha에서 663 ha로 확대하며, 용수로 8.3 km를 보강 설치하는 사업으로서 2002년 말에 착수될 예정이다. 이러한 취수계획은 새만금 담수호의 수질 개선에도 기여할 수 있다. 즉, 만경강 하류에서 새만금호로 유입되는 지점의 총 인 농도는 0.27 ppm으로 추정되는데, 만경강 물을 미리 취수하여 농업용수로 활용함에 따라서 새만금 담수호의 영양물질을 미리 차단하여 수질을 개선하는데 기여할 수 있다.

이와 아울러, 부용천 하류에 있는 동지산 갑문도 4개의 수문을 6개로 확대하고 자동화하여 홍수량 450 m³/s 을 배제할 예정이며, 이에 따라서 만경강 연안과 부용천 하천변의 대규모 배수장의 운영 단축과 침수 피해를 저감할 수 있게 된다. 또한, 새만금 담수호 조성 후에는 관리수위가 평균해면 이하 1.5 m로 유지되고 홍수시에는 이보다 3 m 높은 1.5 m로 유지되므로 홍수 배제 효과는 더욱 증대될 전망이다.

V. 결 론

정부의 물관리 통합에 따른 인력 감축과 물

관리 비용의 감축에도 불구하고, 동진강과 만경강 지역의 수자원을 효율적으로 분배한 물관리 계획을 수립하고, 수리시설을 효율적으로 보강하여 가뭄을 극복할 수 있게 되었다. 이의 세부적인 결과를 정리하면 다음과 같다.

1. 저수지의 저류량과 수위는 강우와 이에 따른 수위변화에 관한 관측 자료를 시계열로 분석한 결과에 따라서 예측할 수 있도록 하였다.
2. 섬진강의 관개용수를 최적화 분할하기 위한 추계학적인 최적 이론의 활용성을 분석한 결과, 관개기간의 초기 단계인 모내기철인 5월 하순이 수잉기인 8월 초순에 비하여 상대적으로 풍부한 저수량을 확보하는 것으로 나타났다. 또한, 5월 하순에 저수지 수위가 181 m 이하일 때, 6월말의 저수위는 총 저수량의 20% 정도인 175 m 이하일 가능성이 높다.
3. 이 지역 논외의 쌀 생산량과 물 공급수량의 관계를 비교한 결과, 관개기간 중 총 물사용량이 2억6천만 m³ 인 경우 최대 수확량을 나타내며, 이 보다 소공급량이 작거나 커지면 생산량은 감소하는 것으로 나타났다.
4. 용수로에 번성하는 수초는 8월에 매우 번성하며 이를 제거하기 위한 인력 또는 기계적인 작업이 필요하다. 이는 수변의 생태와 통수 능력을 고려하여 용수로 확장과 영양물질의 유입이 우려되는 주거지역 부근에서 마을 하수정화시설이 더욱 확충되어야 한다.
5. 만경강 연안의 노후된 소규모 수리시설인 석담양수장을 보강함으로써 수혜구역을 당초 190 ha에서 400 ha로 확충할 수 있었다. 이에 따라서 기존의 양수장과 하천 제수문 및 관정시설은 운영 시간을 줄이고, 정부가 실행한 구조 조정에 따른 물관리 인원의 감축 운영에도 큰 영향을

받지 않고 기존의 시설을 운영할 수 있었다.

6. 이러한 결과에 따라서 장기적인 수리시설의 확충 사업에 의하여 양수량 수혜구역은 663ha로 확대할 예정이다. 이는 만경강 연안에서 실행되고 있는 새만금간척사업이 완료된 후 이 지역의 과학적인 물관리에 더욱 기여할 것으로 전망된다.

결과적으로 농업기반의 구조조정은 물관리 조직과 인력의 조정 뿐만 아니라, 수자원의 효율적인 분배와 노후된 수리시설의 적절한 보수보강을 통하여 더욱 효과적인 성과를 나타낼 수 있다.

참고문헌

1. Dinesh Chandra and H.N.Verma, 2001, Management of Irrigation and Drainage Water for Sustainable Rice Production in India, CD ROM Proceedings of ICID 2001 Seoul Workshop in 1st Asian Regional Conference, International Commission on Irrigation and Drainage.
2. Dyer, J.A and D.R. Mack, 1984, The Versatile Soil Moisture Budget Version II, Research Branch Agriculture Canada.
3. Kenney, J.O.S, 1986, Dynamic Programming Applications to Agriculture and Natural Resources, Elsevier Applied Science Publishers.
4. Mautus akubis, 2000, A Contribution to determination of the Roughness Coefficient of Drainage and Irrigation Channels with Slopes Reinforced with Grassing, ICID Journal vol.49. no.3, International Commission on Irrigation and Drainage.
5. Park Sang Hyun, Chung Ha Woo, 2000, Optimal Irrigation Scheduling of Dripper System in the Rainfed Area, CD ROM Proceedings of ICID Conference.
6. Warren Viessman, et.al, 1977, Introduction to Hydrology, Happer & Row Publisher.