

農業用 貯水池 水門操作 模型 開發

Development of a gate Operation Model for Agricultural reservoirs

鄭 相 玉
Chung, Sang Ok

Summary

A model using a linear programming technique was developed to operate gates for the optimum management of small or medium size agricultural reservoirs. To predict the inflow into the reservoirs the WASHMO model, which was a single event hydrology model, was modified and used. To test the applicability, the developed model was applied to two reservoirs located in Kyungpook province. The results showed that the model could be used for the optimum gate operation of the agricultural reservoirs.

I. 緒 論

물은 무한한 資源이 아니기 때문에 물需要의 증가와 함께 水資源의 효율적인 개발과 적절한 관리는 매우 중요하여졌다. 수자원의 개발과 관리를 위하여 여러가지 목적의 많은 貯水池가 축조되어 왔다. 적절하게 설계 시공된 貯水池라도 관리를 제대로 하지 않으면 利水 측면은 물론 治水 측면에 있어서도 계획 목표를 달성할 수 없다.

농업용 貯水池의 운영 目標은 한편으로는 필요한 관개용수와 유지용수를 최대로 저수하여 필요시에 취수하며, 또 한편으로는 홍수로 인한

농경지나 가옥의 피해 방지를 위한 홍수 조절 기능 면에서는 저수율을 최저로 유지하여야 한다. 貯水池의 최적 運營에 있어서 과거 30여년 동안 시스템 공학의 발달로 최적화 기법과 모의 발생 기법이 많이 利用되어 오고 있다.

貯水池의 최적 운영이란 水門이나 밸브 조작을 통하여 취수량과 방류량을 적절하게 조절하므로써 용수 공급을 위한 저수량의 확보와 홍수조절을 위한 저수용량의 확보를 동시에 충족시키도록 저수량을 조절하는 것이다.

본 연구의 목적은 중소규모 농업용 단일 貯水池의 최적 운영을 위한 貯水池 水門 조작에 필요한 단기적인 운영 방안인 취수 및 방류량을

* 慶北大學校 農科大學

키워드: 貯水池, 模型, 水門操作, 線形計劃法

제시할 수 있는 전산 모형을 개발하고, 실제貯水池에 적용하여 그 사용 가능성을 시험하는데 있다.

II. 研究史

貯水池 운영에 대한 연구는 국내외에서 수행되어오고 있다. 권(1984)은 최적성 원리에 근거한 多段階 선형추적법을 이용하여貯水池 운영 문제를 해석하였으며, 이를 한강유역의 6개貯水池 계통에 적용하여 최적 운영 값을 계산하였다.李와李(1985)는 單一 다목적貯水池의 운영 정책 수립에 동적계획법(DP)을 利用하여 用水 수요를 최대로 충족시킬 수 있는 模型을 개발하였다.

이와 정(1985)은 충주댐의貯水池 및 하도 특성을 고려하여 모의조작 기법을 이용하여 3가지 수문 운영 방안에 대하여 설계 홍수시의貯留 및 방류특성을 비교하여 홍수 크기에 따른 수문의 최적 조작 방안을 제시하였으며, 김과 박(1988)은 농업용貯水池의 모의 조작 모형을 개발하여 이를 유입량 모형 및 방류량 모형과 함께 사용하여 일별貯水池 물 수지 조작 기법을 제안하였다.

貯水池 운영 계획에 관련된 비교적 근래의 외국 연구 동향을 보면, Schultz and Plate(1976)는 홍수조절용貯水池의 최적 운영 방안을 동적계획법(DP)을 이용하여 분석하였으며, Maji and Heady(1980)는貯水池의 최적 저류량과 취수량 및 방류량을 決定하기 위하여 확정론적 모형과 기회 제약(chance-constrained) 모형을 개발하였다.

Houck(1982)는貯水池의 實時間 운영 모형을 개발하였으며, Marino and Mohammadi(1984)와 Mohammadi and Marino(1984)는 單一貯水池에서 用水공급과 발전에 대하여 日別貯水池 운영 계획을 선형계획법과 동적계획법을 이용하여 해석하였다.

Georgakakos and Marks(1985, 1987)는貯水池群의 실시간 조작을 위하여貯水池와 강의 흐름을 추계학적 미분방정식으로 나타낸 후 ELQG(extended linear quadratic gaussian) controller라는 새로운 기법을 이용하여貯水池 운영의 최적화 함수를 해석하였으며, 이 기법을 Nile강의 Aswan댐에 적용하였다.

McLaghlin and Velasco(1990)는 발전용貯水池의 실시간 최적 운영을 위하여 선형-2차 알고리즘을 개발하였으며, Kelman et al.(1990)은 샘플링 추계학적 동적계획법(SSDP)을 사용하여 발전용貯水池의 운영방법을 개선하는데 필요한貯水池 유입량 예보 기법을 제시하였다.

이와 같이 국내외적으로貯水池 運營에 대한 연구는 적지 않게 수행되어 오고 있으나, 대부분이 대규모 발전용이나 다목적 댐의 운영에 대한 것이었고 중소규모 농업용貯水池에 대한 연구는 희소하다고 하겠다.

III. 模型의 開發

貯水池 運營 방법은貯水池의 운영 期間과貯水池의 구성에 의하여 분류할 수 있다. 운영 기간에 의하여 분류하면 용수 공급이나 발전등의 利水 측면에서는 長期 운영 방법이, 홍수시의 治水 측면에서는 短期 운영 방법이 있다. 또貯水池의 구성에 의하여 분류하면 단일貯水池 운영 방법과 여러개의貯水池로 구성된貯水池群에 대한 종합 운영 방법이 있다.

貯水池 운영 段階는 크게 豫報와 制御의 두 단계로 나눌 수 있다. 예보단계에서는 강우량과 流出量을 추정하여貯水池 유입량을 추정하여야 하며, 제어 단계에서는 예보 단계에서 얻어진貯水池 유입량 및 필요한 다른 자료에 기초하여 최적 취수량과 방류량을 결정하여야 한다. 물론貯水池의 최적제어는 정확한 유입량 예보가 있어야 가능하다.

貯水池 유입량 예보를 위하여는 김(1988)의

流出量 추정 모형이나, Ward et al.(1981)의 단일 강우에 대한 流出量 모형인 WASHMO (Watershed Storm Hydrograph-Multiple Option)모형을 수정하여 사용할 수 있다.

貯水池 운영에 관한 수학적 모형의 개발에는 시스템 분석 기법이 주로 사용된다. Yeh(1985)는 최신 기법의 貯水池 관리와 운영에 대한 수학적 모형에 대한 문헌 review를 하였다. 그는 수학적 모형을 크게 선형계획 모형(LP), 동적 계획 모형(DP), 비선형계획 모형등의 최적화 기법과, 모의발생 모형, 및 실시간 모형 등 다섯 가지로 分類하였다. 각 분류에 속하는 모형은 Table-1과 같다.

貯水池 운영에 관한 모형은 모형의 目的, 운영 기간, 貯水池 규모등을 고려하여 적절하게

Table-1. 貯水池 運營에 관한 수학적 모형의 분류

1. Linear programming(LP) models
Stochastic LP models
Chance-constrained LP models
Linear decision rules
2. Dynamic programming(DP) models
Incremental DP with successive approximations
Stochastic DP
Reliability-constrained DP
Differential DP
Principle of Progressive optimality
3. Nonlinear programming models
Quadratic programming models
Geometric programming models
Separable programming models
4. Simulation models
HEC-3
HEC-5
SIM I and II(Texas water system)
5. Real time operation models
California central valley project
Tennessee Valley Authority
Hydro Quebec

선정하여야 한다. 본 연구에서는 작은 規模인 농업용 貯水池를 대상으로 하므로 線形計劃 모형을 개발하였다. 또 貯水池 운영의 예보 단계인 유입량 추정을 위하여는 SCS 기법을 이용하여 개발된 비교적 간단한 단일 事像 水文 模型인 WASHMO(Ward et al., 1981) 모형을 수정하여 사용하였다.

1. 模型 理論

模型에 포함되는 貯水池 시스템에는 貯水池, 취수시설, 및 방류시설이 포함되며, 狀態 變數(state variable)로는 貯水池의 貯留량이 되고, 이는 유입량, 수면 증발량, 貯水池 바닥의 침투량, 취수량 및 방류량의 함수이다. 貯水池 운영 모형에 있어서 決定 變數(decision variable)로는 취수량과 방류량이 된다.

貯水池의 日別 운영에서는 장기적인 운영 목표의 달성과 단기적인 운영 제약 요소와 균형을 맞추어야 한다. 단기적인 운영 제약 요소란 貯水池의 물리적 능력의 제약과 미래의 貯水池 유입량의 불확실성에 기인한다. 간단한 경우에 있어서 貯水池 운영의 目的函數는 최적 운영으로 부터 벗어났을 때의 손해를 최소화 시키는 것이다. 그러나 현실적으로 실시간 운영에 따른 손해를 函數로 나타내기는 어렵다.

본 연구에서는 중소규모 농업용 貯水池의 최적 운영을 위한 목적함수와 제약함수는 다음과 같이 선정하였다.

$$\text{목적함수 : Max } B = C \times R_t - P_{en} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{제약함수 : } S_t = S_{t-1} + I_t - R_t - Q_t - L_t \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$S_t \geq S_{\min} \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$S_t \leq S_{\max} \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$Q_t \leq 1.3 \times Q_{\max} \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$R_t \leq R_{\max} \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$Q_t \geq 0, R_t \geq 0 \quad \dots\dots\dots(7)$$

여기서 B는 수익, R는 관개 취수량, C는 관개수의 단가, P_{en} 는 저류량과 방류량의 합수로 표시되는 損害함수, S는 저류량, I는 유입량, L는 순 손실량, Q는 방류량, Q_{max} 는 하류의 河道 용량이며, 첨자 t는 시각을 나타낸다. 식(2)는 연속 방정식이며, 식(3)은 저류량이 최소 저류량(死水量)이하로 될 수 없다는 조건이고, 식(4)는 저수량이 최대 저수용량을 초과할 수 없다는 조건이고, 식(5)는 방류량이 하도 소통 능력의 1.3배를 초과할 수 없다는 조건이고, 식(6)은 취수량이 취수시설의 용량을 초과할 수 없다는 조건이고, 식(7)은 非陰數(nonnegative) 조건이다. 물론 Q가 Q_{max} 보다 큰 경우에는 하류에 홍수 피해가 발생하게 된다. 여기서 홍수시 최대 방류량은 임의로 河道 소통 능력의 1.3배로 하였다.

損害함수는 線形으로 나타내기는 어려우며, 복잡한 비선형 방정식으로 나타낼 수 있다. 그러나 본 모형은 선형 계획 모형이므로 비선형 방정식은 포함할 수 없으므로, 간단한 線形 損害함수식을 이용하였다. 즉 방류량이 河道 소통 능력 이하라도 크면 클수록 수자원의 낭비만 커지므로 방류량이 커질수록 경제적 손실이 커지며, 또 貯留量이 적어질수록 수자원의 수요를 충족시키기 어려워질 가능성이 커지므로 경제적 손실이 커진다고 가정하여 損害함수를 다음식으로 나타내었다.

$$P_{en} = p_1 \times Q_t - p_2 \times S_t \dots\dots\dots(8)$$

여기서 Q_t 는 방류량, S_t 는 저류량, p_1 은 단위 방류량의 증가에 대한 손실 가격이고, p_2 는 단위 저류량의 감소에 대한 손실 가격이다.

순손실량 L은 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$L_t = E_t + D_t - P_t \dots\dots\dots(9)$$

여기서 E_t 는 貯水池 수면 증발량, D_t 는 저수지 바닥 침투량, P_t 는 수면 강우량을 나타낸다.

수면 증발량은 증발율에 貯水池 수면적을 곱하여 곱하여 구할 수 있으며, 침투량은 침투율에 貯水池 바닥 면적을 곱하여 구할 수 있다. 식(8)을 식(1)에 대입하면 목적함수 식은 다음과 같다.

$$\text{Max } B = C \times R_t - p_1 \times Q_t + p_2 \times S_t \dots\dots\dots(10)$$

위의 식(1)~(10)까지를 선형 계획법으로 풀이 각 시간단위별 최적 취수량, 방류량, 및 저수량을 구한다. 여기서 구한 저수량과 貯水池 現況 조사에서 구한 수위-저수량 곡선으로부터 수위를 결정하고, 또 이 수위와 방류량과 貯水池 現況 조사에서 구한 수위-수문-방류량 관계로부터 水門 개폐 정도를 결정하여 수문 조작을 하게된다.

2. 模型의 構成

본연구에서 개발된 貯水池 운영 모형은 크게 세 부분으로 나눌 수 있다. 즉, 전체적 흐름을 관장하는 主 프로그램과 예보 단계의 WASHMO 副 프로그램과 제어 단계의 선형계획 副 프로그램으로 구분할 수 있다. 본 모형의 주 프로그램의 흐름도는 그림 1과 같다. 模型의 구성을 보면 먼저 필요한 입력자료를 읽고, 그날 降雨가 있으면 WASHMO 모형을 불러 하천 流出量을 계산하여 이를 基底 流出量에 더하여 貯水池 유입량을 추정한다. 그 다음에 앞절에서 소개한 선형계획 모형을 이용하여 최적 日別 취수량과 방류량을 결정한다.

본 모형은 FORTRAN77 언어를 사용하여 개발하였으며, 선형계획 프로그램은 revised simplex 알고리즘 (Daellenbach et al., 1983)을 이용한 IMSL subroutine을 이용하였다.

3. 入出力 資料

본 모형에 필요한 入出力 자료로는 貯水池 유입량 예보 단계에 필요한 것과, 최적 방류량 결정을 위한 제어 단계의 것으로 나눌 수 있다.

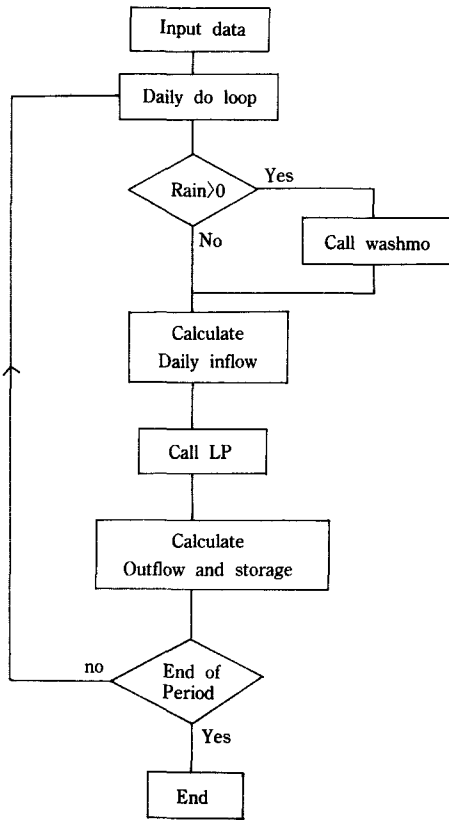


Fig. 1. 주 프로그램의 흐름도

유입량 결정에 필요한 입력 자료로는 流域의 크기, 경사, 피복, 관리 상태, SCS 유출수(curve number), 초기 차단량, 河川의 길이, 경사 및 하도 상태 등과, 강우량 및 강우 지속 시간 등이 있다. 예보 단계의 출력 자료는 유입 수문 곡선이며 유입량, 유입지속 시간, 침투유량, 및 침투시간 등이 있다.

제어 단계에서의 입력 자료로는 예보 段階에서 추정된 유입량과 모형 이론에서 소개한 목적 함수와 제약 함수의 변수 값들이 있다. 출력 자료로는 최적 취수 및 방류량과 저수량 등이 있다.

Table-2는 모형의 적용에 사용된 입력 자료 값들을 보여주고 있다. 목적함수 식(10)의 계수 C의 값은 농지개량조합의 水稅를 기준하여 단위

면적당 관개용수량으로 부터 구하였으며, p_1 과 p_2 는 정확한 값을 결정하기가 어려우므로 본 연구에서는 적정하다고 판단되는 임의의 값을 사용하였다.

Table-2. 모형의 적용에 이용된 입력 자료의 값

입력 자료	무 을 지	경 천 지
유역 면적	750ha	9,150ha
유역 길이	4,300m	17,600m
Curve number	75	83
유역 경사	30%	30%
하천 경사	10%	10%
기저 유출	3,000m ³ /d	30,000m ³ /d
최대 관개 취수량	12,000m ³ /d	170,000m ³ /d
C(식 10)	5원/m ³	5원/m ³
p_1 (식 10)	50원/m ³	50원/m ³
p_2 (식 10)	20원/m ³	20원/m ³

IV. 모형의 適用

1. 貯水池 現況 및 運營 實態

개발된 모형을 실제 貯水池에 적용하기 위하여는 貯水池 現況 및 운영 實態 조사를 하여야 한다. 본 연구에서는 경상북도 내의 농지개량 조합이 관리하고 있는 중소규모 貯水池인 무을지와 경천지를 선정하여 貯水池 제원과 1989년과 1990년 貯水池 운영 자료를 수집하였다. 이들 貯水池의 現況은 Table-3과 같다.

Table-3. 貯水池 現況

貯水池명	무 을 지	경 천 지
위 치	경북 선산군 무을면	경북 문경군 동노면
관 리 자	선산 농지개량 조합	문경 농지 개량 조합
준공년도	1970	1986
댐 길이	384m	386m
댐 높이	17m	63.5m
유역면적	750ha	9150ha
관개면적	240ha	3400ha
만수면적	31ha	156ha
저 수 량	128ha-m	2822ha-m
취수시설	사통 D=0.5m	취수탑 D=5m(7.1t/s)
여 수 토	콘크리트 위어	텐타 gate 3련, 위어 190m

貯水池 운영 자료인 貯水池 규모, 저수량 등과 유역내의 기상 자료인 일별 강우량, 강우기간등을 수집하였다. 유입량, 취수량 및 방류량에 관한 자료는 기록된 것이 없기 때문에 수집이 불가능하였다.

이 貯水池들의 水深-水面積 곡선과 水深-貯水量 곡선식은 최소자승법을 이용하여 지수함수로 나타내었다. 이들의 함수식과 수면적-저수량 함수식은 다음과 같으며, 이들 관계를 그래프로 나타내면 Fig. 2와 3과 같다.

i) 무을지 : $A=1.083 H^{1.226}$ (11)

$V=0.446 H^{2.228}$ (12)

$A=1.669 V^{0.555}$ (13)

ii) 경천지 : $A=0.0414 H^{2.027}$ (14)

$V=0.0193 H^{2.922}$ (15)

$A=0.6747 V^{0.694}$ (16)

여기서 A는 수면적(ha), H는 수심(m), V는 저수량 (ha-m)을 나타낸다.

본 연구에서 개발된 모형을 각 貯水池에 적용한 結果는 다음과 같다.

가. 무을 貯水池

최근 수년간의 강우량과 저수량 자료를 분석하여 貯水池 운영 모형의 적용에 적절하다고 판단되는 기간을 선정하여 모형을 적용하였다. 무을지는 1989년 8월 1일부터 8월 31일까지와

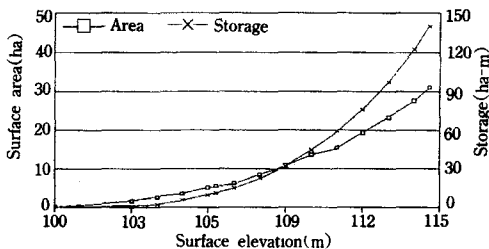


Fig. 2. 무을 저수지의 수심-수면적 곡선과 수심-저수량 곡선

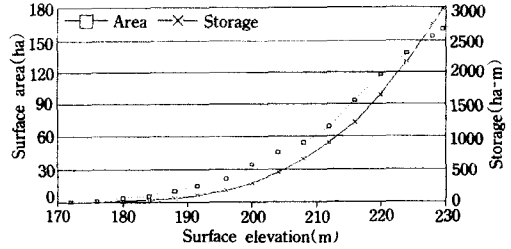


Fig. 3. 경천 저수지의 수심-수면적 곡선과 수심-저수량 곡선

1990년 8월 1일부터 8월 31일까지 기간을 사용하였다. 모형의 적용 결과는 양개년이 비슷하였으며 여기서는 1989년의 결과만 소개하였다.

Table-4는 1989년의 무을지의 최적 운영 추정치를 보여주고 있다. 여기서 基底流出量 값과 日 최대 灌溉 취수량 값은 실제 관측치가 없기 때문에 강우량, 유역면적, 유역의 크기, 형상 및 灌溉 면적등을 고려하여 추정하였다. 총 강우량에서 직접 유출량을 제한 값이 증발산량, 초기차단량, 및 지하침투량이 되며, 지하침투량의 일부가 基底流出이 되는 점을 감안하여, 총 강우량에서 직접 유출량을 제한 양의 10%인 3,000m³/d를 기저유출로 보았으며, 7, 8월에는에서의 蒸發散量이 5mm/d(김시원 외, 1986)이므로 이 값과 관개면적을 곱한 12,000m³/d를 日 최대 灌溉 취수량 값으로 사용하였다.

Fig. 4는 1989년의 모형이 추정한 최적 운영 저수량과 실제 관측치의 비교를 보여주고 있다. 여기서 저수량 128ha-m가 저수율 100%를 나타낸다. Fig. 4에서 1989년 8월 1일의 저수율 100%에서 시작하여 차차 감소하여 8월 21일에는 80%에 도달하였다. 그 이후 관측치는 비슷한 수준을 유지하였으나 모형이 추정한 최적 운영치는 8월 21일과 22일 양일간의 86.5 mm의 강우로 인하여 유입량이 증가하여 저수율이 8월 22일에는 96%까지 올라갔다가 8월 말에는 약 90%로 감소하였다.

Fig. 4에서 보는 바와 같이 실제 관측된 저

Table-4. 무을지의 일별 최적 운영 추정치(1989)

일 자	강우량 (mm)	유입량 (10 ³ m ³)	취수량 (10 ³ m ³)	저수량 (ha·m)
89.8. 1	0.0	3.0	12.0	126.9
8. 2	2.0	3.0	7.2	126.4
8. 3	0.0	3.0	12.0	125.3
8. 4	0.0	3.0	12.0	124.3
8. 5	0.0	3.0	12.0	123.2
8. 6	0.0	3.0	12.0	122.1
8. 7	0.0	3.0	12.0	121.1
8. 8	0.0	3.0	12.0	120.0
8. 9	0.0	3.0	12.0	118.9
8.10	0.0	3.0	12.0	117.9
8.11	0.0	3.0	12.0	116.8
8.12	26.0	7.6	0.0	118.2
8.13	0.0	5.0	12.0	117.3
8.14	0.0	3.0	12.0	116.3
8.15	0.0	3.0	12.0	115.2
8.16	0.0	3.0	12.0	114.2
8.17	0.0	3.0	12.0	113.1
8.18	1.8	3.0	7.7	112.5
8.19	0.0	3.0	12.0	111.5
8.20	0.4	3.0	11.0	110.5
8.21	34.4	20.8	0.0	113.5
8.22	52.1	75.5	0.0	122.5
8.23	0.0	12.5	12.0	122.4
8.24	0.0	3.0	12.0	121.3
8.25	0.0	3.0	12.0	120.3
8.26	0.0	3.0	12.0	119.2
8.27	0.0	3.0	12.0	118.1
8.28	0.0	3.0	12.0	117.1
8.29	26.8	8.7	0.0	118.6
8.30	0.0	5.1	12.0	117.8
8.31	0.0	3.0	12.0	116.7
합 계	143.5	207.2	313.9	

수율이 模型이 추정된 최적 운영 저수량 보다 어떤 기간 동안에는 조금 작은 값을 보여주고 있다. 따라서 본 模型을 이용하면 보다 효율적인 貯水池 운영을 할 수 있으리라 사료된다.

나. 경천 貯水池

경천지는 1989년 7월 1일부터 7월 31일까지와

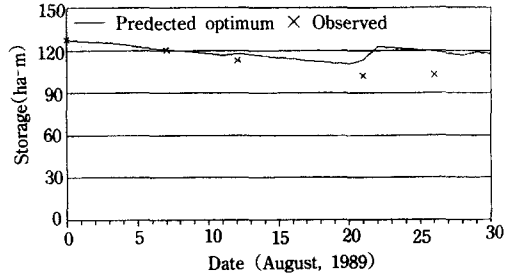


Fig. 4. 무을지 저수량의 최적 운영 추정치와 관측치의 비교

1990년 7월 1일부터 7월 31일까지 기간을 모형의 適用에 사용하였다. 모형의 적용 결과는 양개년이 비슷하였으며 여기서는 1989년의 결과만 소개하였다.

Table-5는 1989년의 경천지의 最適 운영 추정치를 보여주고 있다. 여기서 基底 流出量 값과 日 최대 灌溉 취수량 값은 실제 관측치가 없기 때문에 무을 저수지에서와 같은 방법으로 추정하였으며, 1989년 7월의 강우량이 컸던 점과 유역이 넓은 점을 고려하여, 총 강우량에서 직접유출량을 제한 양의 5%인 30,000m³/d를 기저유출로 보았으며, 7, 8월에 눈에서의 蒸發 散量이 5mm/d(김시원 외, 1986)이므로 이 값과 관개면적을 곱한 170,000m³/d를 日 최대 灌溉 취수량 값으로 사용하였다.

Fig. 5는 1989년의 모형이 추정한 최적 운영 저수량과 실제 觀測值의 비교를 보여주고 있다. Fig. 5에서 1989년 7월 1일의 저수율 45%에서 시작하여 거의 같은 수준을 維持하다가 7월 25일경 증가하기 시작하여 7월 말에는 약 80%의 貯水率을 보여주고 있다. 이는 Table-5에서 보는 바와 같이 7월 25일 부터 29일 까지 303.5 mm의 강우로 인하여 貯水池 유입량이 크게 增加하여 7월 한달 동안 유입량이 流出量보다 훨씬 컸는 데 기인하며, 모형이 추정한 최적 운영 값이 실제 관측치 보다 조금 큰 값을 보여주고 있으나, 대체로 아주 근사한 값을 보여주고 있다. Fig. 5에서 보는 바와 같이 경

Table-5. 경천지의 일별 최적 운영 추정치(1989)

일 자	강우량 (mm)	유입량 (10 ³ m ³)	취수량 (10 ³ m ³)	저수량 (ha·m)
89.7. 1	0.0	30.0	170.0	1255.3
7. 2	0.0	30.0	170.0	1240.7
7. 3	0.0	30.0	170.0	1226.0
7. 4	22.0	41.8	0.0	1233.0
7. 5	0.7	166.1	146.2	1234.4
7. 6	0.0	37.1	170.0	1220.4
7. 7	0.0	30.0	170.0	1205.8
7. 8	10.0	30.0	0.0	1209.7
7. 9	7.9	30.0	0.0	1213.3
7.10	0.0	30.0	170.0	1198.6
7.11	41.8	629.2	0.0	1267.4
7.12	2.5	301.0	85.0	1288.7
7.13	0.0	30.0	170.0	1274.1
7.14	0.0	30.0	170.0	1259.4
7.15	27.9	185.6	0.0	1281.6
7.16	10.0	197.5	0.0	1302.3
7.17	4.0	31.2	34.0	1301.9
7.18	0.0	30.0	170.0	1287.2
7.19	0.0	30.0	170.0	1272.6
7.20	2.7	30.0	78.2	1267.5
7.21	13.9	35.7	0.0	1272.6
7.22	0.0	40.5	170.0	1258.9
7.23	0.0	30.0	170.0	1244.3
7.24	0.0	30.0	170.0	1229.6
7.25	63.0	911.5	0.0	1329.9
7.26	91.5	3066.0	0.0	1650.1
7.27	62.0	3192.6	0.0	1978.2
7.28	1.5	420.3	119.0	2007.7
7.29	85.5	2362.7	0.0	2256.3
7.30	0.0	959.5	170.0	2334.3
7.31	0.0	30.0	170.0	2319.3
합 계	252.2	13028.3	3012.4	

천지의 실제 운영 저수량은 모형이 推定한 최적 운영 저수량과 아주 근사하였다.

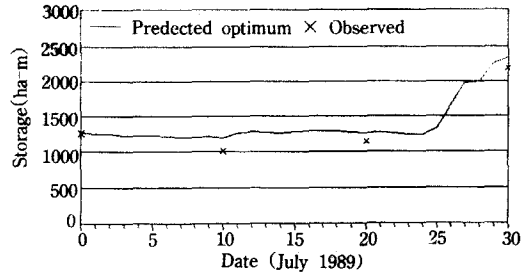


Fig. 5. 경천지 저수량의 최적 운영 추정치와 관측치의 비교

V. 要約 및 結論

중소규모 農業用 貯水池 최적 운영을 위한 水門 조작 모형을 선형계획 기법을 이용하여 개발하였다. 貯水池 유입량 추정을 위한 예보 단계에서는 SCS기법을 이용한 단일 事像 水門 모형인 WASHMO 모형을 일부 수정하여 사용하였으며, 선형계획 모형은 revised simplex 알고리즘을 이용한 IMSL subroutine을 이용하였다.

개발된 模型을 경상북도 내의 농지개량조합이 管理하고 있는 중소규모 貯水池인 선산군 소재 무을지와 문경군 소재 경천지에 적용하여, 모형이 推定한 최적 운영 貯水量과 실제 관측된 저수량을 비교하였다. 본 모형의 적용에 이용된 기간의 관측 저수량은 모형이 推定한 최적 운영 저수량에 대체로 근사 하였으나 일부 기간에서는 推定 최적 운영 저수량이 관측 저수량 보다 조금 큰 값을 보여주었으며, 본 모형을 이용하였다고 가정하면 보다 나은 貯水池 운영을 할 수 있었으리라 사료된다.

본 모형은 중소규모 농업용 單一 貯水池의 최적 운영을 위하여 효과적으로 이용될 수 있으리라 사료된다. 그러나 본 모형의 開發과 適用에 있어서 아직 완전하다고는 볼 수 없는 목적함수의 損害함수 표시 방법과 일일 최대 灌溉 취수량의 크기 결정 등에 대하여는 앞으로 더 많은 연구가 필요하다고 하겠다.

본 논문은 1990년도 교육부지원 한국학술진흥재단의 지방대육성 학술연구조성비에 의하여 연구되었음

參 考 文 獻

1. 권오현. 1984, Multi-level linear tracking to the reservoir system control. 한국수문학회지 18(1) : 37-43.
2. 김시원 외. 1986. 신고 農業水利學. 향문사.
3. 김태철. 1988. 한국 하천의 일 流出量 추정을 위한 지역화 모형. 충남대학교 농업과학연구소.
4. 김현영, 박승우. 1988. 관개용 貯水池의 일별 유입량과 방류량의 모의 발생(III)-貯水池 모의조작 모형의 응용. 한국농공학회지 30(3) : 95-105.
5. 이길성, 정동국. 1985. 홍수시 충주댐 운영 방안의 비교 검토. 한국 수문학회지 18(3) : 225-233.
6. 이순탁, 이수식. 1985. 단일 다목적 貯水池의 최적 운영. 한국수문학회지 18(4) : 347-359.
7. Becker, L. and Yeh, W. W.-G. 1974. Optimization of real time operation of a multi-reservoir system. Water resources Research 10(6) : 1107-1112.
8. Daellenbach, H. G., George, J. A., and McNickle, D. C. 1983 Introduction to Operations Research Techniques. 2nd Ed. Allyn and Bacon. Inc., Boston.
9. Georgakakos, A. P. and Mark, D. H. 1985. Real time control of reservoir systems. Report No. 31, Department of Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology.
10. Georgakakos, A. P. and Mark, D. H. 1987. A new method for the real-time operation of reservoir systems. Water Resources Research 23(7) : 1376-1390.
11. Houck, M. H. 1982. Real-time daily reservoir operation by mathematical programming. Water Resources Research 18(5) : 1345-1351.
12. Kelman, J., Stedinger, J. R., Cooper, L. A., Hsu, E., and Yuan, S. -Q. 1990. Sampling Stochastic dynamic programming applied to reservoir operation. Water Resources Research 26(3) : 447-454.
13. Maji, C. C. and Heady, E. O. 1980. Optimal reservoir management and crop planning under deterministic and stochastic inflows. Water Resources Bulletin 16(3) : 438-443.
14. Marino, M. A. and Mohammadi, B. 1984. Multipurpose reservoir operation : 1. Monthly model for a simple reservoir. Journal of Hydrology 69 : 1-14.
15. McLaughlin, D. and Velasco, H. L. 1990. Real-time control of a system of large hydropower reservoirs. Water Resources Research 26(4) : 623-635.
16. Mohammadi, B. and Marino, M. A. 1984. Multipurpose reservoir operation : 2. Daily operation of a multiple reservoir system. Journal of Hydrology 69 : 15-28.
17. Schultz, G. A. and Plate, E. J. 1976. Developing optimal operating rules for flood protection reservoirs. Journal of Hydrology 28 : 245-264.
18. Ward, A., Bridges, T., and Wilson, B. 1981. A simple procedure for developing a design storm hydrograph. Water Resources Bulletin 17(2) : 209-214.
19. Yeh, W. W.-G. 1985, Reservoir management and operations models : A state-of-the-art review. Water Resources Research 21(12) : 1797-1818.