

PC 基盤 最適化 模型에 의한 忠州 貯水池 시스템의 Hydro-scheduling

Hydro-scheduling Using PC-based Optimization Model
for Chungju Reservoir System Operation

高 錫 九 高 益 煥 李 光 晚

韓國水資源公社 水資源 研究所

1. 서 론

저수지 운영의 궁극적인 목표는 저류된 물자원을 댐건설 목적에 따른 각종 제약 조건을 최대한 충족시키면서 시스템으로 부터의 편익을 증대시킬 수 있도록 매시간 방류량과 저류량을 적절히 배분시키는 것이라 할 수 있으며, 특히 대용량의 다목적 수자원 시스템의 운영에 있어 최적 용수 공급 및 발전 운영 전략을 수립, 결정하는 일은 댐관리자에게 매우 중요한 과제이다. 그러나 다목적 저수지의 운영은 각종 용수공급, 수력 발전 등 이수 목적간의 특성과 이수 및 치수 (홍수 조절) 목적간의 상충된 특성 때문에 매 기간별 저수지 수위를 어떻게 유지할 것인가를 결정하기란 쉽지 않다. 본 연구에서는 한국 수자원 공사가 운영 관리하는 충주저수지 시스템을 대상으로 하여 댐 관리자가 하류 용수공급과 한국전력 공사와의 발전계획 협의 및 갈수기의 저수지 수위확보 등을 감안한 다목적 저수지 운영 계획을 수립할 때 개인용 컴퓨터 (PC)를 이용한 최적화 모형을 사용케 함으로써 저수지 운영상의 합리성과 효율성을 바탕으로 한 Hydro-scheduling 을 할 수 있는 방안을 제시하였다.

충주저수지 시스템은 남한강 상류부에 높이 97.5 M, 체적 902,000 M3에 달하는 국내 최대 규모의 콘크리트 중력식댐인 충주 본댐과 조정지댐 및 2개의 발전소로 구성되어 있다. 본 시스템의 Hydro-scheduling에 사용된 최적화모형 (HYDRODP)은 동적계획기법을 채택하였으며, 충주 수력의 보장 출력과 시스템 하류부 용수공급을 보장하면서 전력 생산량을 극대화하도

록 하였다. Scheduling에 있어서는 충주 본댐과 조정지댐의 1917년 부터 1940년 및 1956년 부터 1990년까지 59년 동안의 월 유입량 자료를 토대로 추계학적 모델링에 의하여 예측한 (갈수, 평수및 풍수) 수문 조건별 유입량 자료를 이용, 현재 고려하는 달 (Month)을 기준으로 향후 12개월 간의 계획을 수립할 수 있으며, 사용자의 선택에 따라 주간 Scheduling 도 가능하도록 하였다.

Hydro-scheduling에 따른 프로그램의 수행 및 수문 조건별 유입량 자료의 선택 등과 이에 따른 결과 분석이 모두 Menu식 선택과 Graphic으로 처리되어 전문지식이 없는 초보자도 쉽게 이해할 수 있도록 처리하였다.

2. 저수지 시스템의 Hydro-scheduling

2.1 충주저수지 시스템 현황

충주 다목적댐 사업은 1978년 6월 3일에 진입 도로 공사를 착공한 이래, 1985년 12월 31일 준공하였으며, 남한강 상류 충주시 북동쪽 약 9 Km 지점에 위치한다. 댐으로 인하여 형성된 총 저수 용량은 2,750 MCM 이고, 홍수조절 용량은 616 MCM 이며, 본댐에 시설용량 400,000 KW 의 제 1 수력 발전소와 조정지댐에 12,000 KW의 제 2 발전소를 갖추고 있다. 이들 발전소는 침투 발전소로서의 역할 뿐만아니라 연간 844.1 GWH를 발전하도록 되어 있으며 우리나라 수력 에너지의 약 13 %를 충당하고 있다.

충주댐 및 조정지댐 지점의 1917년에서 1940년, 1956년에서 1990년까지의 년평균 유입량은 각각 5.278 MCM, 1.022 MCM으로 나타났으며, 기타 충주 시스템에 대한 주요제원 및 특성은 공사지 (수자원공사,1986)에 나타나 있다.

현행 다목적댐 장기운영계획 수립절차를 보면 매년 1 월초에 당해 년도의 월별 저수지 운영 계획을 입안하며, 5 월초의 홍수기 직전에 실제 저수지 유입 수문량을 감안하여 계획을 수정한다. 또한 홍수기가 끝난 10 월초에 차기 년도 갈수기 용수 공급을 고려하여 운영 계획을 수정하고 11 월초에는 년말 목표를 감안하여 재차 수정한다.

이와같이 매년 정기적으로 4 회에 걸쳐 댐 운영부서에서 다목적댐 하류부 용수공급 및 홍수기 저수지 수위 운영을 고려한 물사용 계획수립 및

사용계획에 대한 수정을 실시한다. 이 계획안에 대하여 발전 운영 부서에서는 한국전력 공사와 협의하여 설정된 물 사용 계획을 감안하여 수력 발전 계획을 수립함으로써 장기간 저수지 및 발전소 운영의 기본 자료로 사용하고 있다.

이와같은 계획 수립에 있어 전년말 저류량을 감안하여 당해 년도의 용수 및 발전 공급계획을 충족시킬 수 있도록 월별 방류량 배분계획을 매우 간단한 모의 운영 프로그램을 사용하여 수립하고 있으며, 이때 댐지점 유입량은 저수지 운영 기록상의 월별 평균 유입량만을 적용하고 있다. 기타 운영계획 수립에 대한 절차가 그림 1에 나타나 있다.

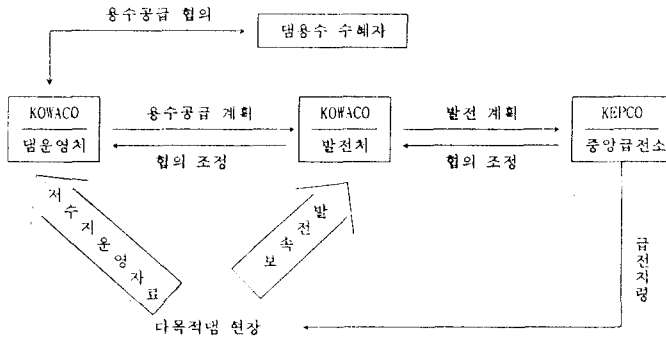


Fig 1 Hydro-scheduling Procedure for Multipurpose Reservoir System

2.2 현 운영 환경에 대한 문제점

현재 운영중인 다목적 저수지 Hydro-scheduling에 대한 주요 문제점으로서는 : 첫째로는 최적화 기법이나 전문적인 컴퓨터 프로그램을 사용하지 않고 초보적인 모의 기법만을 사용함으로써 최적의 계획이라고 볼 수 없으며, 둘째로는 물 사용 계획 수립에 있어 과거의 월별 평균 유입량만을 사용함으로써 인위적으로 제어 불가능한 추계학적 요소인 저수지 유입량의 수문 조건에 따른 신뢰도나 위험도 등을 감안할 수 없다. 셋째로는 의사결정에 관계되는 시스템 기술자가 쉽게 판단할 수 있는 Graphic 등의 Tool을 확보하지 못한 점 등을 들 수 있다.

따라서 저수지 운영상의 각종 제약조건 및 시스템 목적을 최대한 충족시키면서 시스템으로 부터의 신뢰성을 감안한 편익을 극대화 하려면 이러한 현안 문제점들의 보완책으로서 추계학적 방법으로 예측한 수문 조건별

유입량 자료의 적용, 댐관리자가 Hydro-scheduling 의 의사결정지원 시스템으로 활용할 수 있는 최적화 모형과 사용자와 컴퓨터를 연결할 수 있는 Graphic 등의 개발이 요구된다.

3. 모형의 개발

3.1 최적화 기법의 적용

댐, 발전소 등 여러가지 설비와 목적이 중복된 다목적 저수지 시스템은 그 운영의 복잡성 때문에 수치적 프로그래밍에 근거를 둔 최적화 모형에 의하여 방류량을 결정해야 하며, 이때 최적화란 함수의 최대 혹은 최소의 값을 발견하기 위하여 취해야 하는 단계의 집합을 뜻한다.

충주 저수지 시스템의 Hydro-scheduling 의 도구로써 금회에 개발한 최적화 모형인 HYDRODP는 의사결정이 시간에 따라 순차적으로 결정되며, 1차원의 비선형 저수지 운영 문제에 적합한 동적 계획 기법을 적용하였다. 본 저수지 시스템 분석 모형에는 충주 수력의 보장 출력과 시스템 하류에서의 용수공급을 보장하면서 전력 생산량을 극대화 하도록 목적 함수를 설정하였으며, 모형에 고려된 목적함수 및 제약 조건은 다음과 같다.

목적함수

$$F = w_1 F_1 + w_2 F_2 + w_3 F_3$$

$$F_1 = \text{Max} \sum_{t=1}^T \{f_1(X_{1t}, X_{1t+1}, U_{1t}) + f_2(U_{2t})\}$$

$$F_2 = \text{Max} \sum_{t=1}^T \{-(S_{wt})^2\}$$

$$S_{wt} = T_{wt} - U_{2t}$$

$$S_{wt} = 0.0 \quad \text{for} \quad S_{wt} \leq 0.0$$

$$F_3 = \text{Max} \sum_{t=1}^T \{-(S_{pt})^2\}$$

$$S_{pt} = T_{pt} - \{g_1(X_{1t}, X_{1t+1}, U_{1t}) + g_2(U_{2t})\}$$

$$S_{pt} = 0.0 \quad \text{for} \quad S_{pt} \leq 0.0$$

제약조건

$$X_{1t+1} = X_{1t} + I_{1t} - (R_{1t} + Q_{1t}) - E_t(X_{1t}, X_{1t+1}) - D_{1t}$$

for $t=1, \dots, T$

$$U1t = R1t + Q1t$$

$$R2t + Q2t = I2t + R1t + Q1t - Et(Xt) - D2t, \quad \text{for } t=1, \dots, T$$

$$U2t = R2t + Q2t$$

$$X1t \min \leq X1t \leq X1t \max$$

$$U1t \min \leq U1t \leq U1t \max$$

$$U2t \min \leq U2t \leq U2t \max$$

여기서,

F1 : 목적함수 중 시스템으로 부터의 전력 생산량

F2 : 제어지점에서 용수공급 보장을 고려하는 함수

F3 : 시스템으로부터 보장출력을 감안하는 함수

f(.) : 발전량을 나타내는 함수 (효율, 水頭, 사용수량의 함수)

g(.) : 발전출력을 나타내는 함수

w : 각 목적별 가중치

N : 발전소 수(2)

T : 총 분석기간

Vit : 월초 저수지 총 저수량(MCM)

Iit : 월간 유입량(MCM)

Et : 월간 증발 손실량(저수지 수면적의 함수)

Qit : 월간 발전 방류량(MCM)

Rit : 월간 여수로 방류량(MCM)

Uit : 댐하류에서의 총유하량 (MCM)

Dit : 유수전환이나 용수공급 등 순 소모량(MCM)

Twt : 제어지점에서의 목표유하량

Sw : 목표유하량에 대한 부족량

Tpt : 시스템으로부터 목표출력

Spt : 목표출력에 대한 미달출력

최적화 모형중 보장출력이나 보장유하량 등의 문제를 제약 조건으로 두지 않고 목적 함수에 포함시킴으로서 추계학적 방법에 의해서 발생된 유입량 자료중 극심한 갈수시에는 시스템의 제약을 만족시킬수 없을 경우 제약 범위를 시산에 의해서 조정하지 않아도 된다.

동적계획 기법의 적용에 있어서 조정지댐 저수지의 유효 저수용량이 본

댐 저수지 저수 용량에 비해서 충분히 적으므로 1 차원 기법을 사용하였다.

그림 2는 충주 저수지 시스템 운영계통도 (Schematic Layout)를 표시한 것으로 충주 본댐 및 조정지댐 등 저수시설, 발전소 및 주요 제어지점 (Control Points)과 취수지점 (Diversions) 등을 나타낸다.

3.2 유입량 자료의 DB 구축

충주 저수지 시스템 장기간 Hydro-scheduling에 필요한 수문 조건별 유입량 자료는 계절형 특성을 가진 시계열 분석용으로 Salas (1980) 등이 제안한 자기회귀 모형을 범용화한 MPAR 1 모형 (고, 1989)을 이용하여 금회 충주 시스템 모델에서 고려하는 2 개 지점 (본댐 및 조정지댐 지점)에 대한 장기간의 월별 모의 유하량을 발생시켰다.

본 모의 발생은 과거 기록자료 (1917~1940 년 및 1956~1990 년)을 토대로 1 개의 시계열 기간이 100 년인 1 %에서 99 % 까지의 15 개 확률 수문 조건으로 구성된 5 개의 Series 의 월별 유하량 자료를 도출하였다. 확률별로 구분된 유하량 자료를 Data Base 화 하여 사용자가 지정하는 빈도에 따라 본댐과 조정지댐에 대한 5 개의 유입량 자료가 제공되어 최적화 모형에 사용된다.

3.3 입출력 시스템 및 UI 설계

충주 저수지 시스템의 Hydro-scheduling 을 위하여 금회에 개발된 최적화 모형의 입력 자료는 초기 및 말기 저류량 증분값과 저류량, Splicing Factor 등 동적 계획 기법 적용 관련 자료와 본댐 및 조정지댐 저수지와 발전소 운영 특성 자료, 월별 최소 소요 저류량, 유입량자료, 상,하류 구간 취수량 자료 및 용수수요 자료 등으로 구성된다.

또한 모형의 수행으로 분석 단계별 저류량, 저수지 수위, 유입량 및 증발량, 발전 및 여수로 방류량, 발전출력 및 발전량, 발전시간 및 효율 등이 출력되며, 동시에 신뢰도 수준별 에너지, 용수공급 및 보장 출력의 분석도 가능하다.

본 과제를 위해서 개발된 사용자와 컴퓨터를 연결하여 주는 UI (user interface)에 있어서는 Data Base로 부터의 자료입력, 최적화 프로그램

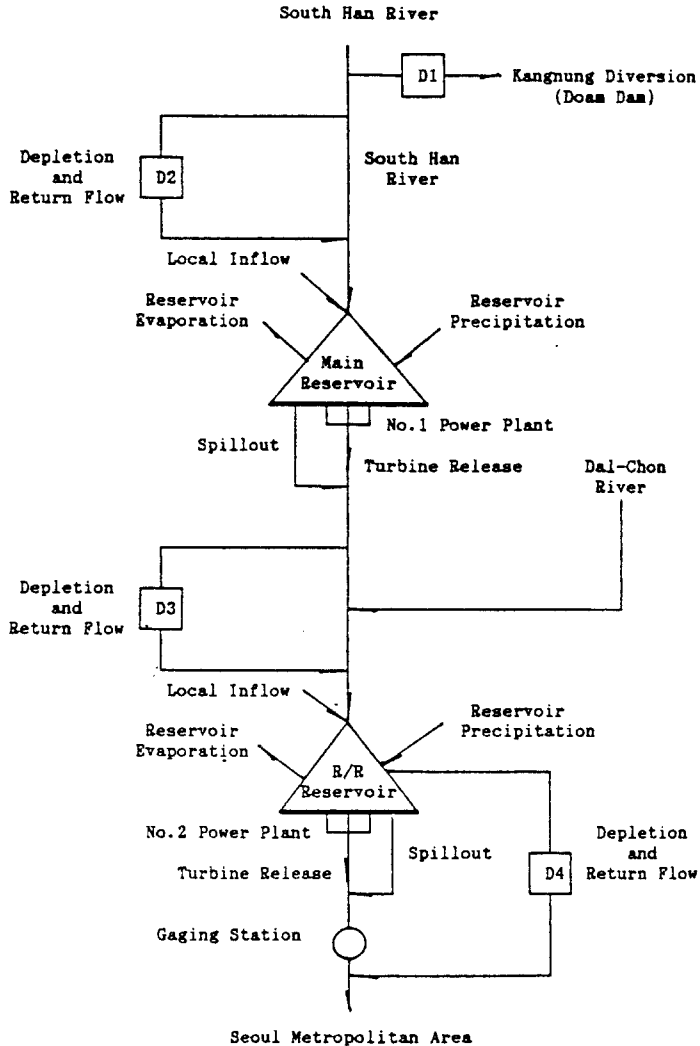


Figure 2 Schematic Representation of the Chungju Reservoir System

인 HYDRODP의 수행 등을 포함하여 Hydro-scheduling 과정을 모두 메뉴 방식으로 설계하여 컴퓨터의 초보자도 쉽게 사용할 수 있도록 하였다. 아울러 월별 유입량 자료나 최소확보 저류량 등의 주요입력 자료와 저수지 운영 결과중 월별 최적 방류량, 저류량 및 저수지 수위, 본댐 및 조정지댐의 월별 발전량 등의 자료를 화면과 프린터 상으로 Graphic Display

가 가능하게 하여 의사결정 과정을 위한 시스템 기술자의 이해와 판단을 용이하게 하였다.

4. 충주댐 Hydro-scheduling

충주 저수지 시스템의 Hydro-scheduling을 돕기 위하여 금회에 개발한 최적화 모형 (HYDRODP)을 이용한 Scheduling을 수행하는 절차를 요약하면 다음과 같다.

- ① Scheduling의 기간 단위 Option을 선택한다.
 - 월 단위 Scheduling (HYDROM.DAT) 또는 주 단위 Scheduling (HYDROW.DAT)
- ② Data Base에 저장되어 있는 풍수량, 저수량, 갈수량등 각종 수문 조건별 시계열 유량자료중 Scheduling을 수행할 유량조건을 선택한다.
- ③ Main Program (HYDRODP)를 수행한다.
- ④ 출력 결과는 HYDRO.RLT 에서 볼 수 있으며, 저수지 유입량, 방류량, 발전량 등 주요 입출력 자료는 GRAPHIC mode로도 출력 가능하다.

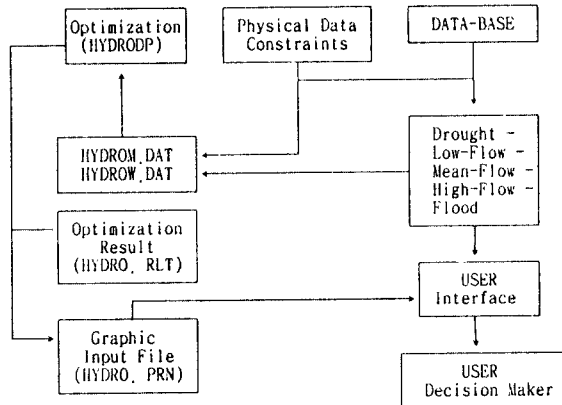


Fig. 3 Interaction between Hydro-scheduling and User Interface

그림 3에서 Hydro-scheduling 의 전체적인 수행 과정을 도시하였으며, 적용 예로서 20 개의 월 유하량 자료 Series 중 표 1과 같이 충주 본댐 및 조정지댐의 1 개 시계열을 택하여 초과확률 50 %에 해당하는 평수 유

입량 조건으로 10 월 부터 다음해 9월 까지의 월간 Scheduling을 수행한 결과를 표 2에 제시하였다.

예시한 월간 Scheduling을 위한 모형분석에서 저류량에 대한 초기 및 말기 증분값으로 각각 200MCM 및 5MCM을 적용하였으며, Splicing Factor를 2.0, 초기 및 말기 저류량 2,134 MCM을 적용하였다. 또한 충주 본댐 및 조정지댐의 고도별 저수지 면적-용량, 방수위-용량관계자료, 본댐 발전소 수두-발전사용수량-효율관계표, 조정지댐 발전소 저수위-방수위-효율 및 저수위-방수위-방류량관계표 자료를 모형의 입력 자료로 사용하였으며, 그 외에 월별 저수지 순증발량, 댐상 하류 구간 용수수요 자료 및 도암댐 유수전환량 등이 입력 자료로 사용되었다.

Table 1 (a) Monthly Probabilistic Local Inflow to Chungju Main Reservoir

[Unit : MCM]

Exced Pro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
.990	84.7	116.4	127.6	604.3	118.3	177.0	633.9	550.9	224.2	78.8	33.1	24.8	2774.0
.975	144.6	188.7	584.4	325.9	104.0	255.9	423.8	614.8	202.4	113.8	33.1	41.6	3032.8
.950	21.8	33.5	54.2	365.5	322.2	445.8	584.6	467.7	529.1	200.5	134.8	81.5	3240.0
.900	146.3	116.2	603.6	300.1	168.8	177.7	883.2	274.7	192.3	172.7	156.8	171.6	3364.0
.800	21.1	44.5	137.7	389.0	150.6	81.6	2309.0	227.9	388.2	63.2	96.9	121.8	3991.3
.700	115.4	98.2	83.9	572.2	539.7	255.3	398.0	473.7	757.4	257.5	106.8	103.5	3761.5
.600	56.0	41.6	73.7	392.7	266.3	36.5	1977.8	635.8	863.0	204.3	115.9	125.2	4788.5
.500	76.2	17.4	42.8	85.1	68.5	130.8	2196.9	605.9	870.1	272.1	175.9	90.2	4631.9
.400	61.6	45.8	92.2	608.4	483.6	473.7	2706.1	266.9	219.0	102.5	172.9	140.6	5373.3
.300	75.3	23.3	189.6	594.5	365.8	381.3	2895.6	534.7	558.7	199.0	88.8	64.4	6031.6
.200	76.5	105.4	167.8	368.7	116.8	625.1	2836.7	1342.4	602.8	402.4	134.2	86.2	6885.0
.100	52.9	30.1	170.9	395.7	380.6	429.4	3200.0	1572.3	1114.7	177.7	110.3	139.9	7774.5
.050	233.3	135.1	163.8	869.4	468.8	764.5	4219.6	738.1	144.9	357.1	185.7	116.3	8196.6
.025	66.1	130.4	699.2	1147.2	426.1	580.8	900.4	2111.8	2537.3	481.5	123.1	57.3	9261.2
.010	40.5	60.6	129.7	616.9	216.5	367.5	2276.8	1331.5	2443.7	440.2	216.1	165.9	8305.8

(b) Monthly Probabilistic Local Inflow to Chungju R/R Reservoir

[Unit : MCM]

Exced Pro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
.990	12.5	15.7	46.2	52.4	12.2	27.3	201.7	79.5	66.9	39.2	18.4	12.8	584.8
.975	16.2	45.7	66.6	52.7	24.2	30.9	86.4	121.2	18.2	8.4	9.9	3.7	484.1
.950	7.8	5.0	10.8	34.9	73.8	75.2	66.6	67.8	142.9	29.1	23.9	12.1	549.9
.900	60.1	38.8	62.8	59.1	10.1	30.9	176.9	79.8	52.4	36.1	33.2	26.1	688.1
.800	5.3	6.0	21.2	28.2	102.0	14.3	291.1	123.6	21.0	11.6	9.9	5.2	639.4
.700	22.6	52.1	27.4	106.9	115.7	79.5	325.0	48.2	257.3	111.2	54.2	55.6	1255.7
.600	7.6	8.3	22.8	28.6	17.2	19.3	169.4	161.4	120.0	61.0	28.5	39.0	584.6
.500	26.1	5.9	11.6	20.8	7.2	13.2	459.9	273.9	284.7	37.3	26.9	15.8	1185.3
.400	20.6	21.9	32.3	116.1	101.0	119.0	364.7	15.4	15.8	26.7	43.5	57.4	934.4
.300	13.8	9.7	38.6	54.2	15.3	149.6	591.1	29.7	25.3	26.0	32.4	34.1	1019.8
.200	54.8	19.6	13.4	61.2	49.9	97.6	409.2	187.8	98.1	78.6	43.7	21.4	1141.3
.100	15.8	20.1	40.4	58.1	30.0	16.8	454.1	266.2	115.7	26.3	22.4	22.9	1088.8
.050	41.3	61.9	46.6	100.4	98.6	181.3	742.6	307.2	23.4	45.0	22.7	15.2	1666.2
.025	15.9	38.6	110.4	139.2	62.6	101.7	100.1	247.5	342.4	100.8	58.1	37.4	1354.7
.010	27.2	36.3	26.7	29.2	22.0	190.3	1209.8	594.6	965.0	142.5	79.4	83.3	3406.6

Table 2 Hydro-scheduling for Chungju Reservoir System

* MAIN RESERVOIR *

S T G	M O N	STORG R.W.L.		INFLOW & LOSS(MCM)			RELEASE (MCM)			POWER	GENHR	EFFI	ENRGY
		(MCM)	(EL.M)	LOCAL	DPLT	EVAPR	TURBIN	SPILL	TOTAL	(MW)	(H/D)	(%)	(GWH)
1	10	2134.0	138.0	272.1	4.5	4.7	250.9	.0	250.9	460.0	3.0	93.3	43.0
2	11	2146.0	138.2	175.9	4.0	3.1	268.8	.0	268.8	460.0	3.3	93.2	45.6
3	12	2046.0	136.9	90.2	3.4	2.5	284.3	.0	284.3	460.0	3.3	93.2	46.8
4	1	1846.0	134.2	76.2	2.6	2.4	271.2	.0	271.2	460.0	3.0	92.7	42.5
5	2	1646.0	131.4	17.4	2.4	2.2	262.8	.0	262.8	458.1	3.0	91.5	39.4
6	3	1396.0	127.5	42.8	6.4	2.8	283.6	.0	283.6	414.8	2.9	89.1	37.6
7	4	1146.0	123.1	85.1	14.4	3.4	267.3	.0	267.3	375.4	2.8	87.4	32.0
8	5	946.0	119.0	68.5	8.5	3.7	256.3	.0	256.3	332.4	2.6	84.8	27.2
9	6	746.0	114.2	130.8	9.8	2.1	268.9	.0	268.9	287.5	2.9	81.4	24.7
10	7	596.0	110.0	2196.9	35.6	-2	623.5	.0	623.5	431.2	6.4	90.0	85.8
11	8	2134.0	138.0	605.9	29.0	2.7	574.2	.0	574.2	460.0	6.9	93.2	98.0
12	9	2134.0	138.0	870.1	18.3	3.3	848.5	.0	848.5	460.0	10.5	93.2	144.9
TOT		18916.	1548.	4632.	139.	33.	4460.	.0	4460.	5059.	51.	1083	667.
AVG		1576.3	129.0	386.0	11.6	2.7	371.7	.0	371.7	421.6	4.2	90.3	55.5
FIRM WATER SUPPLY TO DOWN-STREAM:										250.9 MCM/MON (95.47 CMS)			

* R/R RESERVOIR *

S T G	M O N	INFLOW & LOSS (MCM)				RELEASE & WATER SUPPLY (MCM)					POWER	GENHR	EFFI	ENRGY
		U/S	DIS	LOCAL	DPLT	EVPR	TURBIN	SPILL	TOTAL	W.TGT	SHORT	(MW)	(H/D)	(%)
1	10	250.9	37.3	1.1	.4	286.7	0.	286.7	287.0	.3	12.0	24.0	90.7	8.0
2	11	268.8	28.9	1.0	.2	296.4	0.	296.4	278.0	.0	12.0	24.0	90.2	7.8
3	12	284.3	15.8	1.1	.2	298.8	0.	298.8	287.0	.0	12.0	24.0	90.4	8.0
4	1	271.2	26.1	1.1	.2	296.0	0.	296.0	287.0	.0	12.0	24.0	90.4	8.0
5	2	262.8	5.9	1.0	.2	267.5	0.	267.5	259.0	.0	12.0	24.0	90.4	7.3
6	3	283.6	11.6	1.1	.3	293.7	0.	293.7	287.0	.0	12.0	24.0	90.5	8.0
7	4	267.3	20.8	5.1	.4	282.6	0.	282.6	278.0	.0	12.0	24.0	90.5	7.8
8	5	256.3	7.2	6.4	.6	256.5	0.	256.5	287.0	30.5	10.5	24.0	86.5	7.0
9	6	268.9	13.2	8.7	.4	273.0	0.	273.0	278.0	5.0	12.0	24.0	90.8	7.8
10	7	623.5	459.9	9.0	-0	397.7	677.	1074.4	287.0	.0	7.5	24.0	81.6	5.0
11	8	574.2	273.9	6.4	.2	397.7	444.	841.5	287.0	.0	8.3	24.0	83.0	5.6
12	9	848.5	284.7	5.1	.3	384.9	743.	1127.8	278.0	.0	7.2	24.0	81.0	4.7
TOT		4460.	1185.	47.	3.	3732.	1863.	5595.	3380.	36.	129.	288.	1056	85.
AVG		371.7	98.8	3.9	.3	311.0	155.	466.3	281.7	3.0	10.8	24.0	88.0	7.1
FIRM WATER SUPPLY TO DOWN-STREAM:										256.5 MCM/MON (97.60 CMS)				

5. 結 論

본 연구에서는 대용량 다목적 수자원 시스템 운영상의 합리성과 효율성을 제고시킬 수 있는 수자원 관리 기법을 도출하여 실제로 활용 가능한 방안을 마련하기

위하여 현재 한국 수자원 공사가 운영·관리중인 충주 저수지 시스템을 대상으로 최적화 모형에 의한 Hydro-scheduling을 수행하는 방법을 제시하였다.

이에따라 충주댐 하류 용수공급과 한국전력 공사와의 발전계획 협의 및 갈수기의 저수지 수위목표 확보 등 저수지 운영계획 수립에 있어 개인용 컴퓨터 (PC)를 이용한 최적화 모형 (HYDRODP)을 사용함으로써 매기간별 방류량과 저수량을 적절히 배분시키는 Hydro-scheduling을 할 수 있게 하였다.

충주 저수지 시스템의 scheduling에 사용된 최적화 모형은 시간에 따른 순차적 의사결정이 요구되는 저수지 운영 문제에 적합한 동적계획기법을 채택하였으며, 추계학적 모델링에 의하여 모의 발생시킨 5 개의 확률수문 조건별 월 유하량 자료를 이용, 현재 고려하는 달 (month)을 기준으로 향후 12 개월 동안의 계획을 수립할 수 있으며, 사용자의 선택에 따라 주간 계획도 가능하다.

본 모형은 우리나라 최대 규모인 본댐 및 조정저댐과 2 개의 발전소로 구성된 충주 시스템의 Hydro-Scheduling에 이용할 수 있도록 개발되었으며, 향후 수자원 공사에서 구축중인 수자원 종합관리 시스템 완성과 더불어 우리나라의 다목적 저수지 시스템 운영관리 기법의 개선에 큰 기여를 하게 될 것이다.

參 考 文 獻

Divi R. and D. Ruiu, " Optimal Management of Multi-purpose Reservoirs in a Hydro-thermal Power System ", Proceedings of the 3rd Water Resources Operations Management Workshop, Colorado State University, Fort Collins, CO, June 27-30, 1988.

Kirshen P.H, T.Miller, and J.F. Scott, "Short-term Hydroelectric Scheduling Model for WAPA", Int. Journal of Electrical Power and Engineering Systems, Vol. 11, July, 1989.

Ko, S. k., " Optimizing Reservoir Systems Operation with Multi-Objective Decision Analysis, "Dissertation submitted for the Degree of Doctor of Philosophy, Colorado State University, Fort Collins, CO, 1989.

Labadie, J. W., " Dynamic Programming with the Microcomputer :

Program CSUDP ", Civil Engineering Department, Colorado State University, Fort Collins, CO, 1988.

Labadie, J. W., Scripts for Videotape Course on: Management of Water Resources-A System Approach, J.W. Labadie (ed.), Civil Engineering Department, Colorado State University, Fort Collins, CO, 1978.

Loucks, D. P., J. R. Stedinger, and D. A. Haith, Water Resource Systems Planning and Analysis, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1981.

Slas, J. D., G. G. S. Pegram, " A Seasonal Multivariate Multilag Auto-regressive Model in Hydrology, " in Modeling Hydrologic Processes, H.

Morel-Seytoux, J.D.Salas, T.G.Sander, and R.E.Smith(ed.), Water Resources Publications, Fort Collins, CO, 1978.

Chungju Multipurpose Dam Project Final Report on Optimization Study of Power Installation at Reregulation Dam, Prepared by Nippon Koei Co. for Industrial Sites and Water Resources Development Corp., 1981.

충주 다목적댐 공사지, 건설부/산업기지개발공사, 1986.

충주 다목적댐 재산권 처리 및 사업별 운영 방안 연구, 건설부/산업기지개발공사, 1985.

충주 다목적댐 관리년보, 산업기지개발공사, 1986.

충주 다목적댐 관리년보, 산업기지개발공사, 1987.

충주 다목적댐 관리년보, 산업기지개발공사, 1988.

충주 다목적댐 관리년보, 한국수자원공사, 1989.

한강유역조사보고서, 한국수자원공사, 1990.

전국 수자원 이용현황 및 수요조사 보고서, 산업기지개발공사, 1986.