

## 이수관리곡선에 의한 논 관개지구의 유회관개모형

### A Rotational Irrigation Scheduling for an Irrigated Paddy Blocks with Operation Rule Curve

김 태 철\* · 이 재 면\*\* · 이 덕 주\*\*\*

Kim, Tai-Cheol · Lee, Jae-Myun · Lee, Duk-Joo

#### Abstract

The principal operation rule of irrigation reservoir is to accelerate the water use and supply water actively when water is sufficient, and to restrict water use and supply water deficiently in order not to stop the irrigation activity when water is scarce. In drought seasons, water should be saved in order to keep the reservoir not to be dried up during the irrigation season. It is important to know how much water should be saved, depending on the rice-growing season and water storage volume. For the drought control of irrigation reservoirs, the rotational irrigation scheduling in paddy with the operation rule curve developed in this study could be utilized as a software program to install TM/TC system for irrigation water supply by automation facilities.

*Keywords* : Operation rule, TM/TC, Reservoir, Saving water, Drought, Restricted supply, Decision support system, Yedang reservoir

#### I. 서 론

효율적 저수량 관리는 풍수기에는 하류지역의 물 수요를 찾아 적극적으로 공급하여 저수량을 활용하는 것이고, 저수량이 감소한 갈수기에는 적합한 방법으로 급수를 억제하여 부족한 물로 수익지역의

물 수요를 중단없이 공급하는 것을 말한다. 관개저수지는 관개가 끝나기 전까지 저수량이 바닥나지 않도록 관리해야 하므로 저수량이 감소하면 절수 등으로 물 관리를 강화하게 된다 (Votruba and Broza, 1989).

물 관리를 위한 조사연구는 농수산부에서 “농지 개량시설 물 관리조사연구”(1983), 과 “물 관리조사연구사업”(1986, 1987)을 시행한 바 있다. 서울대학교 농업개발연구소에서 1985~1988년 “저수지 물관리연구”, 1989~1991년 “집중용수관리조직연구”, 1994년 “상주농조 매호지구 집중 물관리시스템”, 1996~2000년 “농업용수 관리 자동화시스

\* 충남대학교 농업생명과학대학  
\*\* 충남대학교 대학원  
\*\*\* 충남대학교 농업생명과학대학 농업과학연구소  
\* Corresponding author. Tel.:+82-42-821-5797  
fax:+82-42-825-9889  
E-mail address : dawast@cnu.ac.kr

템 기술개발"을 수행하였다. 충남대학교 농업과학 연구소에서 "농업 수자원 종합 관리 시스템 개발"(MAF, 1991~1993)과 "관개저수지의 한발 및 홍수예측기법과 관리지침개발"(MAF, 1997~1999)을 수행하였다.

물 관리를 위한 학술연구는 Park and Im (1991)의 "전문가 시스템을 이용한 관개용 저수지 조작", Kim et. al.(1992)의 "관개저수지의 이수관리방법", Kim et. al.(1993)의 "저수 관리시스템 개발", Ahn et. al.(1997)의 "소규모저수지의 최적 용수공급능력에 결정에 관한 연구", Chung et. al.(1998)의 "농업용 저수지 설계를 위한 저수량 최적화 모형의 개발", Kim et. al.(2001)의 "물 관리자동화시스템을 위한 개방형 운영 프로그램 개발" 등이 수행되었다.

일본에서는 Senga가 "댐의 이수안전도와 저수운용(1985)"과 "수자원의 소프트사이언스(1989)"에서 이수곡선에 의한 제한급수방법을 연구한 바 있다.

이들 조사 및 연구 내용에 따르면 저수지의 단위 저수량 부족으로 한해를 극복하기 위한 충분한 용수 확보가 어렵고, 한발시 저수량 부족이 예상되어도 절수에 의한 제한급수 등 합리적인 계획급수가 시행되지 못하고 있다. 계획급수를 하려면 어느 저수위일 때, 어느 정도의 양을 제한급수해야 하는지를 규정하는 지침이 있어야 하는데 이것이 없어 효율적 저수지 물 관리에 애로가 많다.

따라서, 저수위변화를 예측하여 객관적으로 제한급수 할 수 있는 기준을 설정할 필요가 있다. 한발시 증장기 기상예보와 유역토양수분 변화로부터 저

수지의 한발과 저수위변화를 예측하고 순환관개 지침을 제시함으로써 가뭄피해를 최소화하는데 연구의 배경이 있다. 또한, 관개저수지에서 급수량을 원격측정 및 조정하는 TM/TC 자동화시설이 설치되고 있으나 언제 얼마의 물을 급수해야 하는지를 알 수 없어 단지 수문개폐를 자동으로 조작하는 hardware 개선에 그치고 있다. 따라서, 관개저수지의 TM/TC 자동화시설에 이수관리모형에 의한 순환관개 모형을 software로 연결하면 보다 합리적인 이수관리로 가뭄을 극복할 수 있다.

## II. 자료 및 방법

### 1. 대상저수지 및 수문자료

예당저수지는 유역면적 37,360 ha, 관개면적 8,788 ha로 관개저수지로서는 대단히 큰 편이지만, 삼교호와 일부 대체급수를 실시하여 용수사정에 따라 매년 실제 급수면적은 약 6,900 ha~9,000 ha로 가변적이며, 홍수기 6월21일부터 9월20일까지는 저수위를 El. 21.5 m로 1.0 m 낮추어 약 1,000 만m<sup>3</sup>의 홍수조절 용량을 가지고 있다(Kim et. al. 1992). 예당저수지 제원은 Table 1과 같다. 수문자료는 과거 30년간의 강우량, 저수위, 기온, 계기증발, 상대습도, 평균풍속, 일조시간 등의 자료로, 이를 분석하여 작성한 기준저수량곡선과 기준저수량곡선에 제한급수율을 고려한 제한급수량곡선을 만들었다.

Table 1 Summary of Yedang reservoir

Item	Unit	Value	Item	Unit	Value
Watershed area	ha	37,360	Irrigation area	ha	8,788
Total storage	ha-m	4,710	Effective storage	ha-m	4,607
Full water level	El.m	22.5	Dead water level	El.m	14.5
Flood control level	El.m	21.5	Flood control volume	MCM	10.0

2 이수관리곡선

가. 이수관리곡선(Operation rule curve)의 기본개념  
 계획적으로 저수량을 운영하는 지구의 댐 저수량은 적어도 관개기가 끝나기 전까지는 저수량이 바닥이 드러나지 않도록 관리를 해야 하므로, 저수량이 감소하여 물 부족이 예상되면 제한급수 등의 방법으로 절수를 강화하게 된다. 즉, 어느 정도 저수량이 감소할 때 얼마만큼의 양을 제한급수해야 할지를 객관적 기준하에 조정할 수 있는 규정이 필요하지만 경험에 의존할 뿐 과학적 운영 규정은 확립되어 있지 않다. 이 물 관리를 객관적, 정량적으로 파악할 수 있는 관리규정의 하나가 기준저수량곡선과 제한급수량곡선으로 구성된 이수관리곡선이다 (Votruba 1989, Senga 1989, Kim et. al 1999).

나. 기준저수량곡선

기준저수량곡선은 관개기말일에는 저수량이 뚝이 되도록 일정 확률 기준년을 고려하여 시기별로 필요저수량곡선을 기초로 작성하게 된다. 작성하는 방법은 관개기간의 각 기별(일 또는 5일별)로 저수지 유입량과 포장의 조용수량과의 차이인 물 부족량을 관개기 말일을 시점으로 역순으로 각 기별 누가 필요 저수량을 구한 다음, 이로부터 농업용수 설계 빈도가 10년이므로, 10년 빈도에 해당하는 곡선을 그린다.

$$DEF(i) = INF(i) - GDW(i) \dots\dots\dots (1)$$

$$STV(i) = STV(i+1) - DEF(i) \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{if, } STV(i) < 0, STV(i) = 0 \dots\dots\dots (3)$$

여기서,  $i$  : 일 또는 5일의 기별,  
 INF : 저수지 유입량  
 GDW : 포장의 조용수량,  
 DEF : 물부족량,  
 STV : 필요저수량

다. 제한급수량곡선

실제 저수량이 기준저수량곡선보다 낮게 되면, 제한 급수를 하게 되며, 남은 저수량의 정도에 따라 제한급수율  $S(=제한급수량/필요수량)$ 를 나타내는 저수량 수준을 설정하고 이를 제한급수량곡선이라고 한다. 제한급수량곡선을 그리는 방법은 기준저수량 곡선을 그리는 방법의 절차와 거의 같다. 즉 관개기 말일에서부터 제한급수율  $S$ 를 적용하여 기별로 식(1)의  $GDW(i)$  대신에 제한급수율  $S$ 를 고려한 기별 물 부족량을 계산하여 작성한다. 이때  $S$ 는 보통 10, 30, 50, 70% 등이 적용된다.

$$DEFS(i) = INF(i) - (1-S) \cdot GDW(i) \dots\dots\dots (4)$$

$$STV(i) = STV(i+1) - DEFS(i) \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{if, } STV(i) < 0, STV(i) = 0 \dots\dots\dots (6)$$

여기서, DEFS : 제한급수율을 고려한 물 부족량,  
 $S$  : 제한급수율

2. 윤환관개

가뭄시, 생육시기별 저수량에 따라 저수지의 가뭄특보를 설정하고 이에 해당되는 제한급수시기, 제한급수량과 윤환관개구역을 설정하는 방법을 제시하였다(MAF, 1997~1999).

가. 저수율에 따른 가뭄특보 설정

기준저수량곡선과 제한급수량곡선으로 이루어진 이수관리곡선을 작성하고, 저수율에 따른 제한급수율을 적용하여 저수지의 가뭄특보를 설정한다. 예를 들면, 제한급수율이 0%이면 준비, 제한급수율이 10% 이하이면 저수지 가뭄주의보, 10~30%이면 가뭄경보, 30~50%이면 가뭄위험, 50% 이상이면 가뭄특별위험 단계로 구별할 수 있다.

나. 가뭄단계별 제한급수량과 윤환관개구역 제시  
 관개기간중 용수공급 중단을 방지를 위하여 이수

관리곡선과 현재 저수위로부터 기상청 주간강수예보를 참고하여 제한급수시기, 제한급수율과 유휴관개구역을 설정하여 6일간의 급수계획 시나리오를 제시한다. 오늘의 저수위에 해당되는 제한급수율을 적용하여 급수량과 가능일수를 결정하고 그 양에 따라 미리 설정해 둔 유휴관개구역과 제한급수량을 제시한다.(MAF, 1997~1999 and Senga, 1989)

제한급수율곡선이 0~10%인 저수지 가뭄주의보일 경우에는 10%정도 제한하여 급수하면 되지만, 제한급수율곡선이 10~30%의 가뭄경보, 30~50%의 가뭄위험, 50% 이상의 가뭄특별위험일 경우에는 저수지의 관개구역과 용수계통도로부터 유휴관개구역을 설정하는 특별한 가뭄대책으로 극심한 가뭄을 극복해야 한다.

첫째, 제한급수율곡선이 10~30%의 가뭄경보 단계일 때에는 20%의 제한급수율을 적용하여 용수간선과 관개면적을 고려하여 관개구역을 3개 구역으로 구분하여 각 구역별로 4일 급수, 2일 단수 체계의 급수량과 급수구역을 지정해줄 수 있다.

둘째, 제한급수율곡선이 30~50%의 가뭄위험 단계일 때에는 40%의 제한급수율을 적용하여 용수간선과 관개면적을 고려하여 관개구역을 2개 구역으로 구분하여 각 구역별로 3일 급수, 3일 단수 체계의 급수량과 급수구역을 지정해줄 수 있다.

셋째, 제한급수율곡선이 50% 이상의 특별위험 단계일 때에는 60%의 제한급수율을 적용하여 용수간선과 관개면적을 고려하여 관개구역을 3개 구역으로 구분하여 각 구역별로 2일 급수, 4일 단수

체계의 급수량과 급수구역을 지정해줄 수 있다. 이와 같은 내용을 종합하면 Table 2와 같다.

### III. 결과 및 고찰

기준저수량곡선과 제한급수량곡선으로 구성된 이수관리곡선으로부터 현재의 저수위로부터 기상청 주간강수예보를 참고하여 제한급수시기, 제한급수율과 유휴관개구역을 설정하여 6일간의 급수계획을 제시하였다.

#### 1. 기준저수량곡선(Reference storage volume curve)

과거 30년간(1966년~1995년)의 기상자료 중에서 1978년~1987년 자료로부터 관개 저수지의 일별 물 수지 분석을 추정 저수위 모의 발생 과정에서 결정된 침투량 3 mm/day, 평균 관리손실률은 20%를 적용하여 10년 빈도에 해당되는 해당저수지 기준저수량 곡선을 작성하는 프로그램을 구성하였으며 결과는 Fig. 1 과 같다.

#### 2. 제한급수량곡선(Restricted release curve)

기준저수량 곡선에 제한급수율을 적용하여 그린 제한방류곡선은 Fig. 2와 같고, 이 때의 생육시기별, 저수율별 제한급수율은 Table 3과 같다.

Table 2 Rotational irrigation system from restricted release ratio

Restricted release curve	Restricted release ratio	Drought stage of reservoir	Water supply area	Water supply system
0% lower	0%	Stand-by	Full area	Normal supply
0~10%	10%	Notice	Full area	10% restricted supply
10~30%	20%	Warning	3 blocks	4 day-supply, 2 day-none
30~50%	40%	Danger	2 blocks	3 day-supply, 3 day-none
50% higher	60%	Special danger	3 blocks	2 day-supply, 4 day-none

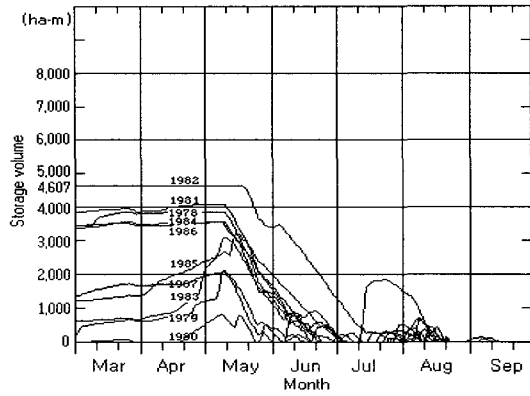


Fig. 1 Process for reference storage volume curve of Yedang reservoir

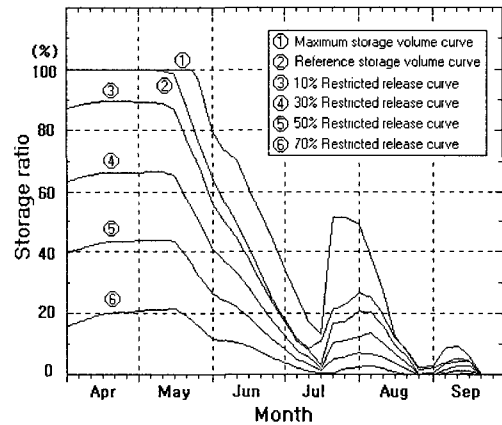


Fig. 2 Restricted release curve of Yedang reservoir

### 3. 유회관개구역설정

Fig. 3과 같은 예당저수지의 관개구역을 관개면적과 용수간선을 고려하여 Fig. 4와 Fig. 5와 같이 2블록, 3블록으로 나누어 유회관개구역을 설정하였다(MAF, 1997~1999).

### 4. 유회관개모형

유회관개모형은 기상청, Weathernet등 인터넷상으로 제공되는 강우량, 기온, 계기증발량, 상대습도, 풍속, 일조시간의 기상자료를 수정 Penman법(RDC, 1989)에 의해 당일의 필요수량을(Kim,

Table 3 Restrict ratio by growth period and storage ratio in Yedang reservoir

Growth Period	Restricted release ratio (%)				Growth Period	Restricted release ratio (%)			
	10	30	50	70		10	30	50	70
Apr. 1	87.2	63.3	39.5	15.8	Jul. 1	11.0	7.9	5.0	2.2
6	88.2	64.5	40.9	17.2	6	8.0	5.7	3.3	1.1
11	89.0	65.5	42.0	18.5	11	3.3	2.3	1.4	0.5
16	89.5	66.3	43.0	19.7	16	16.7	10.3	5.0	0.4
21	89.5	66.4	43.3	20.2	21	17.3	11.2	5.9	1.9
26	89.3	66.4	43.6	20.7	26	20.6	12.4	7.1	2.5
May 1	89.1	66.5	43.8	21.2	Aug. 1	20.2	13.5	6.8	3.1
6	88.9	66.5	44.1	21.6	6	16.0	10.3	5.8	2.0
11	87.0	65.2	43.4	21.5	11	9.7	6.8	3.8	0.8
16	77.3	57.7	38.4	19.1	16	6.0	3.9	1.8	0.1
21	68.6	50.3	32.4	15.9	21	0.3	0.0	0.0	0.0
26	55.8	41.1	26.3	11.6	26	0.6	0.0	0.0	0.0
Jun. 1	49.5	36.7	23.9	11.1	Sep. 1	3.6	1.7	0.5	0.0
6	44.4	33.1	21.8	10.5	6	4.3	2.8	1.4	0.3
11	37.6	28.1	18.6	9.1	11	4.5	3.0	1.4	0.5
16	30.1	22.4	14.8	7.1	16	0.0	0.0	0.0	0.0
21	23.2	17.2	11.3	5.3					
26	17.3	12.8	8.4	3.9					

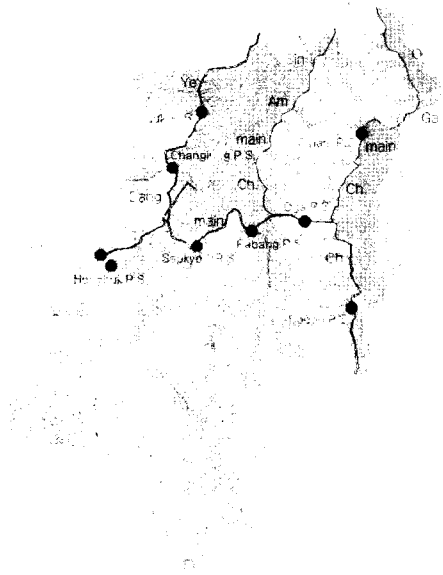


Fig. 3 Irrigation channel system of Yedang reservoir

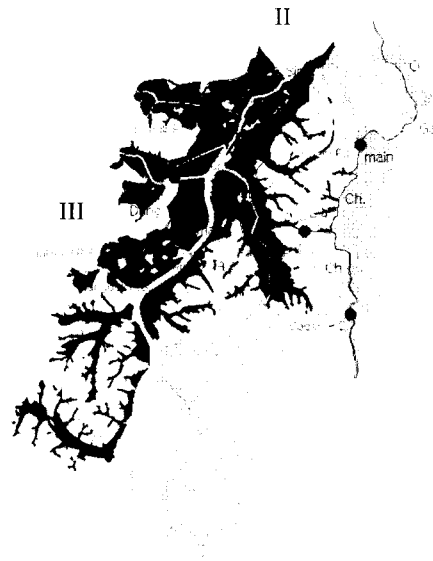


Fig. 5 Rotational irrigation system (3 Blocks) of Yedang reservoir

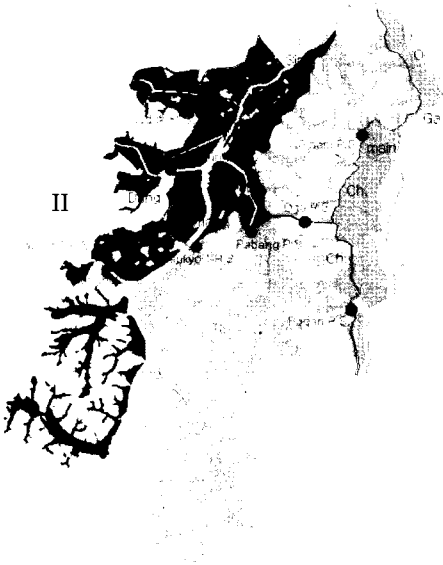


Fig. 4 Rotational irrigation system (2 Blocks) of Yedang reservoir

1993) 계산하고, 현재의 저수위에 따른 제한급수율을 고려하여 실제급수량과 급수구역을 제시하는

모형이다.

예를 들어 예당저수지의 2000년 6월 5일 현재 기상자료 강우량 0 mm, 기온 20.9. °C, 계기증발 7.2 mm, 상대습도 56%, 풍속 2.1 m/s, 일조시간 13.5시간을 입력하면 필요수량 계산 방법에 의하여 그 날의 필요수량 12.88 m<sup>3</sup>/s가 계산된다(Fig. 6).

또한, 이때의 저수위가 El. + 19.15 m 이므로, 이수관리곡선으로부터 40% 제한급수율이 제시되므로 실제로는 7.73 m<sup>3</sup>/s를 공급하고, Table 2와 같이 가뭄위험단계이므로 2개 블록에 3일 급수, 3일 단수체제로 유회관개를 실시해 준다(Fig. 7).

가. 주간예보상에 예상강우가 없을 경우

① 저수위가 El. + 20.0 m라면 저수율은 49%이고, 이에 해당되는 제한급수율이 20%이므로 가뭄경보 단계이다. 이에 따라 급수량을 10.3 m<sup>3</sup>/s로 제한하고, Fig. 8과 같이 관개구역을 3개 구역으로 나누어 4일 급수, 2일 단수하는 유회관개를 실시한다.

② 저수위가 El. + 19.15 m라면 저수율은 35.7%

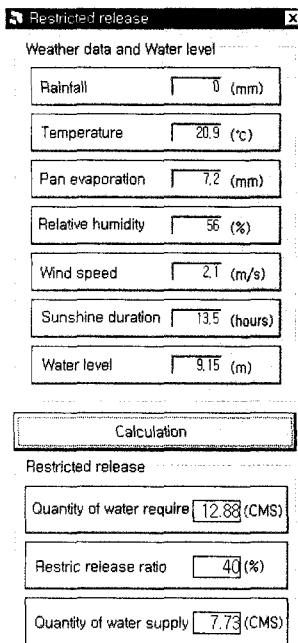


Fig. 6 Input screen of Yedang reservoir

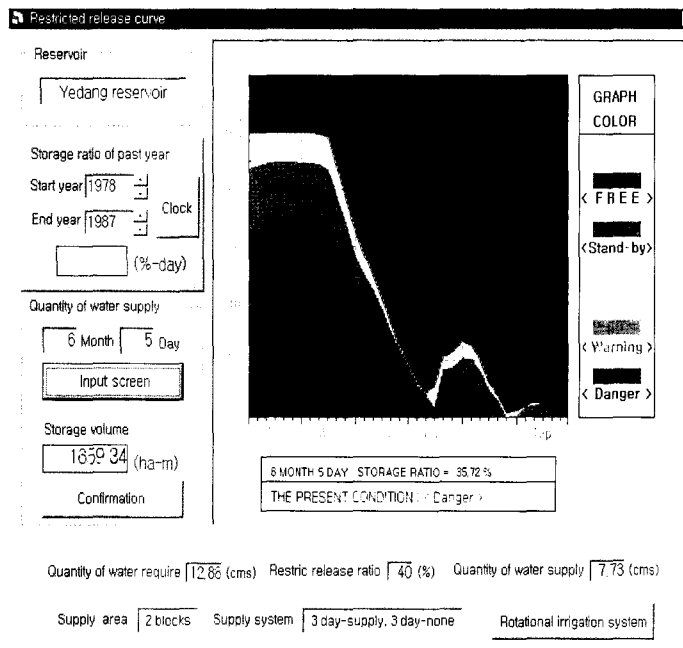


Fig. 7 Restricted release quantity and release system of Yedang reservoir

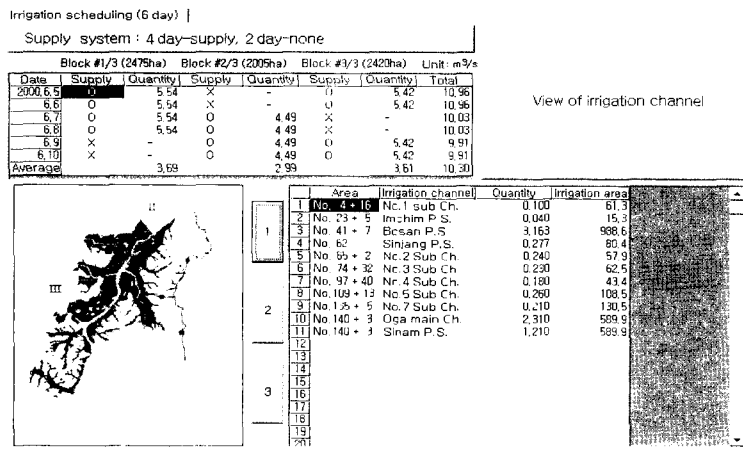


Fig. 8 Irrigation schedule of 3 blocks (4 day-supply, 2 day-none) of Yedang reservoir

이고, 이에 해당되는 제한급수율이 40%이므로 가  
 품위험 단계이다. 이에 따라 급수량을 7.73 m<sup>3</sup>/s로  
 제한하고, Fig. 9와 같이 관개구역을 2개 구역으로  
 나누어 3일 급수, 3일 단수하는 윤환관개를 실시

한다.

③ 저수위가 El. + 18.2 m라면 저수율은 23.7%  
 이고, 이에 해당되는 제한급수율이 60%이므로, 가  
 품특별위험 단계이다. 따라서 급수량을 5.15 m<sup>3</sup>/s

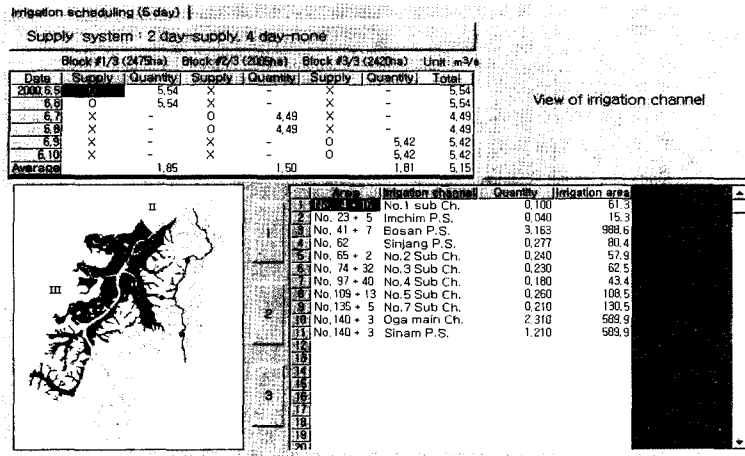


Fig. 9 Irrigation schedule of 3 blocks (2 day-supply, 4 day-none) of Yedang reservoir

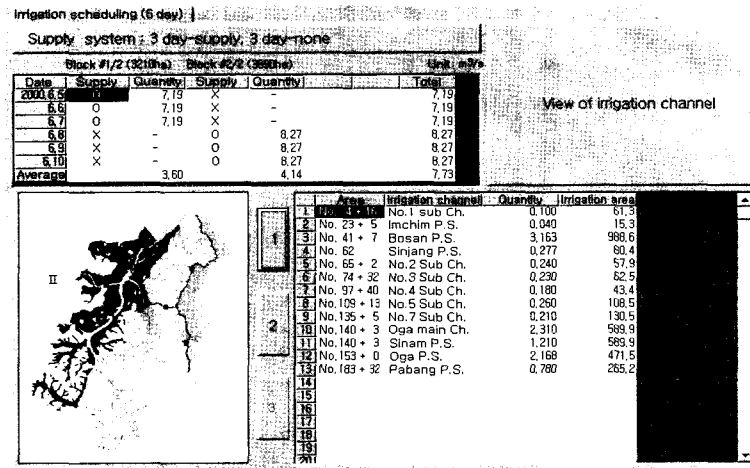


Fig. 10 Irrigation schedule of 2 blocks (3 day-supply, 3 day-none) of Yedang reservoir

로 제한하고, Fig. 10 과 같이 관개지역을 3개 구역으로 나누어 2일 급수, 4일 단수하는 윤환관개를 실시한다.

나. 주간예보에 예상강우가 있을 경우

DAWAST모형(Kim, 1992 and Kim et. al. 1996)으로 구한 현재의 토양수분량으로부터 해갈강수량을 구하는 방법은 다음과 같다. DAWAST모형을

운전하여 구한 해당저수지구역의 불포화층 최대토양수분저류능 UMAX 값은 320 mm이고, 현재 불포화층의 토양수분량 WSU는 136 mm이므로 Sa는 184 mm이다. 이수관리곡선에서 6월 5일의 기준저수량(57.8%)에서 현재의 저수량(35.7%)을 뺀 필요저수량을 구역면적으로 나누면 27.3 mm가 된다.

$$Q_s = \frac{(57.8 - 35.7)}{100} \times \frac{(4,607 \times 10^4)}{(37,360 \times 10^4)} \times 10^3 = 27.3 \text{ mm}$$



유효우량식을 P에 관해서 풀면,

$$P^2 - (0.4S_a + Qs)P + 0.04S_a^2 - 0.8S_aQs = 0$$

$$P = \frac{0.4S_a + Qs + \sqrt{(0.4S_a + Qs)^2 - 4(0.04S_a^2 - 0.8S_aQs)}}{2}$$

따라서, 현재의 유역토양수분상태 (WSU = 136 mm)에서 27.3 mm의 유효우량이 유입되려면 118.6 mm의 총 강우가 있어야 하며 이것이 해갈강수량이다.(Fig. 11)

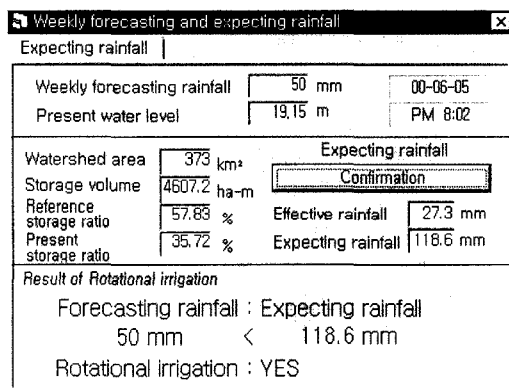


Fig. 11 Weekly forecasting and expecting rainfall of Yedang reservoir

기상청 주간예보상의 강우량과 현재의 저수위로 부터 계산된 해갈강수량보다 예상강우량이 적으면 윤환관개를 실시하고, 예상강우량이 크면 윤환관개를 할 필요가 없다.

#### IV. 결 론

이 연구에서는 예당저수지를 대상으로 관개저수지의 이수관리곡선에 의한 윤환관개모형을 개발하여 가뭄시 효율적인 물 관리와 자동화 시설의 소프트웨어로 활용할 수 있게 하였다.

1. 과거 수문, 기상자료와 저수지 운영기록으로 작성한 기준저수량곡선과 제한급수율곡선으로 이루

어진 관개저수지의 이수관리곡선을 작성하였다.

2. 이수관리곡선에 생육시기별, 저수위별로 저수지의 가뭄특보(준비, 주의보, 경보, 위험, 특별위험)를 제시하고, 이에 해당되는 제한급수율에 의한 급수량과 윤환관개 구역을 제시하였다.

3. 기상청 주간예보상의 강우량과 현재의 저수위와 유역토양수분상태로 구한 해갈강수량을 비교하여 윤환관개의 실시여부를 판단하게 하였다.

4. 자동 물 관리시스템은 현재 시작단계로서 많은 부분이 미흡하다. 앞으로 포장에서의 시기별 물소요량과 담수심에 관련된 분석이 필요하다. 특히 물 관리에 필요한 운영소프트웨어가 없는 실정므로 이 모형의 개념을 활용한다면 운영자에게 도움을 줄 수 있다고 여겨진다.

#### References

1. Ahn S. S., I. S. Chang, and S. S. Lee. 1997. Study on the Determination of Optimal Yield for small reservoir. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 39(5) : 109-122. (in Korean)
2. Chung H. W., T. S. Park, and J. Y. Choi. 1998. Development of the Optimal Reservoir Storage Determination Model for Supply Rural Water. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 40(2) : 69-80. (in Korean)
3. Kim H. Y. et. al. 1993. Development of Reservoirs Storage Management System. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 35(2) : 65-72. (in Korean)
4. Kim S. J. et. al. 2001. Development of Open Water Management Program for Water Management Automation System with Open Architectue. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 43(5) : 83-92. (in Korean)
5. Kim T. C., J. K. Noh, and S. K. Park. 1992. Operation rule of Irrigation Reservoir. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*

- 34(1) : 33-49. (in Korean)
6. Kim T. C., S. K. Park, and B. G. Ahn. 1996. Daily Streamflow Model for the Korean Watersheds. *Journal of Korea Water Resources Association* 29(5) : 223-234. (in Korean)
  7. Kim T. C. 1992. Manual of the DAWAST model. *Chungnam National University. Institute of Agricultural Science.* (in Korean)
  8. Kim T. C. 1993. Manual of the IRRIMA model. Chungnam National University. *Institute of Agricultural Science.* (in Korean)
  9. Ministry of Agriculture and Forestry(MAF). 1999. Management rules of irrigation reservoir for drought and flood control. Research report *Chungnam National University. Institute of Agricultural Science* p.331. (in Korean)
  10. Ministry of Agriculture, Forestry and Fishery. 1991~1993, Comprehensive management system for Agricultural water resources(I-III), *Chungnam National University. Institute of Agricultural Science.* (in Korean)
  11. Park S. W. and S. J. Im. 1991. Irrigation Reservoir Operations with a Microcomputer based Expert System. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 33(1) : 100-109. (in Korean)
  12. Rural Development Corporation(RDC), 1989, Practical research on the estimation of consumptive use of water. Technical report. (in Korean)
  13. Senga, Yutaro. 1985. A Study on the safe yield and the operation of irrigation reservoir. *Journal of the Japanese Society of Irrigation, Drainage, and Reclamation Engineering.* 53(3) : pp.5-12. (in Japanese)
  14. Senga, Yutaro. 1989. Soft science of water resources. pp.45-75. *Sika Sima Publication Co., Tokyo, Japan.* (in Japanese)
  15. Votruba, L. and Broza, V. 1989. Water management in reservoirs, pp.330-340. Elsevier.