

# 관개용 저수지 운영을 위한 Web 기반 정보시스템의 개발

A Web-Based Information System for Irrigation Reservoir Operations

서춘석\*(서울대) · 박승우(서울대) · 강문성(서울대) · 강민구(서울대)  
Seo, Chun Suk · Park, Seung Woo · Kang, Moon Seong · Kang, Min Goo

## Abstract

A Web-based information system from the Korea Agricultural Water Use Laboratory, KAWUL, has been developed to provide with regional water management information and guidance for the operations of irrigation reservoirs through the World Wide Web (WWW). Twenty-six reservoirs are selected as the reference reservoirs for regional water management, and the real-time operation guide may be issued the growing seasons. The information available from the system includes the weather forecasting, drought analyses, and reservoir operation data for those reference sites. For a specific reservoir, the manager may access the system to obtain the water requirement, irrigation scheduling, and reservoir operations that fit best to the irrigation district.

## I. 서론

우리나라 관개답 중 약 60%내외의 수리안전답이 수원공 용량이 충분하지 않아 재현기간 5년 이상의 가뭄에 대하여 충분한 수자원의 공급이 어렵고, 새로운 수자원의 개발이 어려운 실정을 감안할 때, 기존 수자원의 활용성을 높이는 것이 필요하다. 또한 수자원은 일단 방류하게 되면 조절이 어려워 유역내 재활용이 불가능하므로, 유역내 주요 수자원의 경우라도 관리주체간 사전 협의에 의해 일관되게 운영할 필요가 있다.

농업용수를 공급하는 관개용 저수지는 필요한 시기에 필요한 수량을 공급할 수 있어야 하며 용수의 부족과 홍수에 의한 피해를 최소화하고 용수사용효과를 극대화하는 방향으로 운영되어야 한다. 효율적인 물관리를 위해서는 저수지 유입량 및 저수량의 예측, 관개구역에 대한 필요수량의 예측, 합리적인 급수계획의 수립 등이 필요하다.

최근에는 수자원 전문성 확보와 유관기관과의 상호운영체제 및 시간에 따라 변화되는 사항에 대한 정보제공을 위해 컴퓨터 통신기술을 이용한 수자원의 종합관리에 대한 관심이 고조되고 있으며, 종합적인 수자원 관리를 위한 데이터베이스의 구축에 대한 필요성이 대두되고 있고, 미국의 USGS(United States Geological Survey)는 Web site를 이용하여 On-line의 실시간 자료취득이 가능하도록 데이터베이스를 구축하고 있다.

WWW은 편리한 사용자 환경을 제공할 뿐만 아니라, 별도의 교육이나 훈련이 없이도 Internet 망에 접속되어 있고, 적당한 Web browser를 갖추고 있는 컴퓨터만 이용하면 정보를

탐색할 수 있으며, 정보제공자의 입장에서 다수의 사용자에게 다양한 정보를 제공할 수 있으며 새로운 정보로의 보완이 용이하다.

따라서, 본 연구에서는 농업용수관리 정보 시스템의 개발을 위한 기초적 연구로서, 지역별 시기별 농업용수 필요량을 추정하고, 관개용 저수지의 이용을 극대화할 수 있는 물관련 정보를 제공함으로써 효율적인 농업용수관리를 실현할 목적으로 지역별 표본 저수지에 대해서 물관리 관련 자료 기반을 구축하였으며, 이를 Web를 이용하여 제공하기 위한 정보시스템을 개발하였다.

## II. Web 기반 정보시스템

### 1. 시스템의 개요

지역별 표본 저수지에 대한 물관련 정보를 제공하기 위한 정보시스템은 Fig. 1과 같으며, 정보의 제공을 위한 Web site와 자료의 구축 및 보완을 위한 데이터베이스로 구성되어 있다. Web site는 표본 저수지별로 저수지현황, 저수지 운영, 기상예보, 가물분석에 대한 자료를 제공하며, 데이터베이스와 연동을 통해 주요 자료를 생성할 수 있으며, 사용자에게 의해서 자료의 보완이 가능하도록 시스템을 설계하였다. 또한, Web browser를 이용하여 저수지 운영자가 저수지 물관리 모형을 구동할 수 있도록 하였다.

### 2. 표본 저수지 선정

지역별, 시기별 농업용수의 필요수량을 추정하고, 각 지역의 물관련 정보를 제공하기 위하여, 전국 8개 시, 도를 대상으로 각 도별 2~4개의 표본 저수지를 선정하였다. 표본 저수지는 총 26개이며 지역별 표본 저수지 선정 내역은 Table. 1과 같으며, 각 저수지의 기준 기상 관측소는 Thiessen망을 이용하여 설정하였다. Fig. 2는 각 저수지의 위치를 나타낸 것이다.

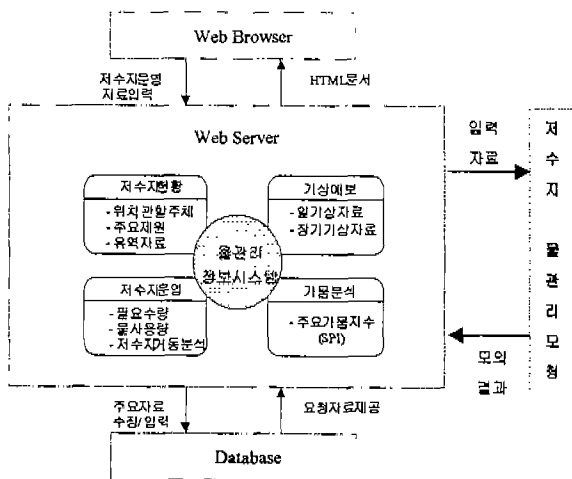


Fig. 1 KAWUL시스템 모식도

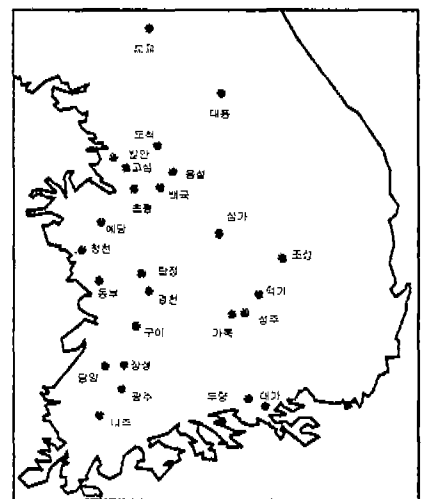


Fig. 2 표본 저수지의 위치

Table. 1 지역별 표본 저수지

시·도	개소수	저수지명	시·도	개소수	저수지명
경기	4	고삼, 용설, 발안, 도척	전북	3	섬진, 경천, 구이
강원	2	대룡, 토교	전남	4	장성, 광주, 담양, 나주
충북	3	초평, 삼가, 백곡	경북	3	조성, 성주, 덕가
충남	4	탐정, 동부, 청천, 예당	경남	3	가북, 두량, 대가

### 3. 정보제공 내용

제공되는 정보는 데이터베이스와 Servlet을 통하여 모형의 입출력을 지원하도록 구성되어 접근의 용이와 정보관리의 효율을 높이도록 하였다. 제공자료의 DB Schema는 Fig. 3과 같이 구성하였으며, 데이터 베이스는 관계형 데이터베이스로 구성되었다.DBMS는 MS-Access를 사용하였다.

#### (1) 저수지 현황

저수지 위치, 저수지 관할 주체, 유역면적, 관개면적, 유효저수량 등의 저수지 자원 자료를 제공하며, 저수지 유역에 대한 주요 특성 및 계측시설이 있는 지점에 대한 관리정보를 제공하도록 하였다.

Fig. 4은 발안저수지의 유역경계도와 계측지점을 나타내고 있으며, 주요 관측 지점에 대한 수문자료 및저수지 운영자료를 제공하도록 하였다.

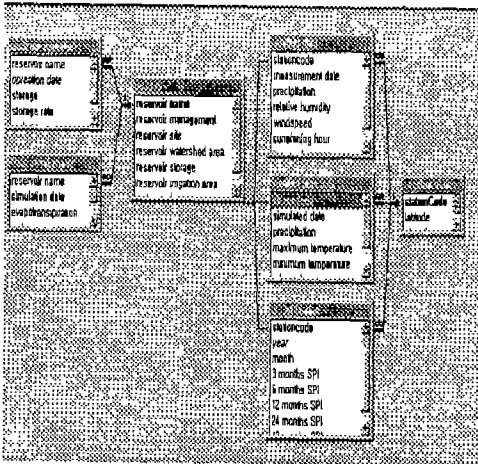


Fig. 4 제공자료의 Database Schema

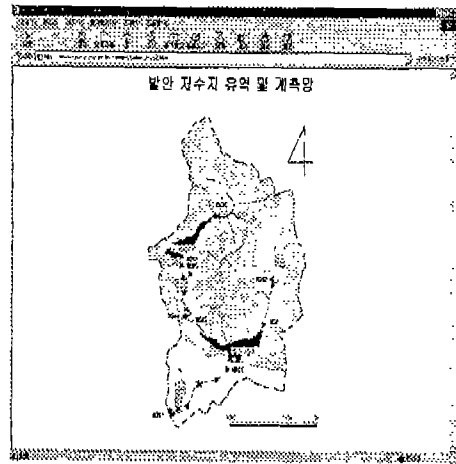


Fig. 5 발안저수지 유역 및 계측망

## (2) 저수지 운영

관개구역의 필요수량, 저수지 관개수량 등의 과거 저수지 운영자료를 제공하므로써, 저수지 운영을 위한 기초자료로 활용할 수 있도록 하였으며, 효율적인 물관리를 위한 저수지 운영률의 개발을 위한 기초자료로 저수지에 대한 필요저수량 분석, 시기별 저수량 빈도분석, 저수지 관개면적의 확대에 따른 필요저수량의 빈도분석, 저수지 연계운영을 위한 방안 등의 여러 가지 시나리오에 대한 거동분석 자료를 제공하였다. 또한, Fig. 5와 같이 저수지 운영자가 저수지 운영에 대한 자료를 입력 할 수 있도록 하였다.

## (3) 기상예보

일급수량 산정을 위한 일기상자료를 기상청 예보를 이용하여 각 표본 저수지의 기준 기상관측소에 대해서 제공하며, Fig. 6과 같이 농업기상인자에 대한 추계학적 특성을 분석하여 강수발생일, 최고온도, 최저온도, 상대습도, 태양복사량의 일별 자료를 모의발생할 수 있는 기상발생모형을 이용하여 장기기상자료를 모의발생하여 급수계획의 수립을 위한 기초자료로 활용되도록 하였다.

Fig. 5 저수지 운영자료의 입력그림

날짜	강수량	최고온도	최저온도	상대습도	태양복사량
1999-01-01	0.0	10.0	-5.0	65%	1000
1999-01-02	0.0	12.0	-3.0	60%	1200
1999-01-03	0.0	15.0	0.0	55%	1500
1999-01-04	0.0	18.0	3.0	50%	1800
1999-01-05	0.0	20.0	5.0	45%	2000
1999-01-06	0.0	22.0	7.0	40%	2200
1999-01-07	0.0	25.0	10.0	35%	2500
1999-01-08	0.0	28.0	13.0	30%	2800
1999-01-09	0.0	30.0	15.0	25%	3000
1999-01-10	0.0	32.0	17.0	20%	3200
1999-01-11	0.0	35.0	20.0	15%	3500
1999-01-12	0.0	38.0	23.0	10%	3800
1999-01-13	0.0	40.0	25.0	5%	4000
1999-01-14	0.0	42.0	27.0	5%	4200
1999-01-15	0.0	45.0	30.0	5%	4500
1999-01-16	0.0	48.0	33.0	5%	4800
1999-01-17	0.0	50.0	35.0	5%	5000
1999-01-18	0.0	52.0	37.0	5%	5200
1999-01-19	0.0	55.0	40.0	5%	5500
1999-01-20	0.0	58.0	43.0	5%	5800
1999-01-21	0.0	60.0	45.0	5%	6000
1999-01-22	0.0	62.0	47.0	5%	6200
1999-01-23	0.0	65.0	50.0	5%	6500
1999-01-24	0.0	68.0	53.0	5%	6800
1999-01-25	0.0	70.0	55.0	5%	7000
1999-01-26	0.0	72.0	57.0	5%	7200
1999-01-27	0.0	75.0	60.0	5%	7500
1999-01-28	0.0	78.0	63.0	5%	7800
1999-01-29	0.0	80.0	65.0	5%	8000
1999-01-30	0.0	82.0	67.0	5%	8200
1999-01-31	0.0	85.0	70.0	5%	8500
1999-02-01	0.0	88.0	73.0	5%	8800
1999-02-02	0.0	90.0	75.0	5%	9000
1999-02-03	0.0	92.0	77.0	5%	9200
1999-02-04	0.0	95.0	80.0	5%	9500
1999-02-05	0.0	98.0	83.0	5%	9800
1999-02-06	0.0	100.0	85.0	5%	10000
1999-02-07	0.0	102.0	87.0	5%	10200
1999-02-08	0.0	105.0	90.0	5%	10500
1999-02-09	0.0	108.0	93.0	5%	10800
1999-02-10	0.0	110.0	95.0	5%	11000
1999-02-11	0.0	112.0	97.0	5%	11200
1999-02-12	0.0	115.0	100.0	5%	11500
1999-02-13	0.0	118.0	103.0	5%	11800
1999-02-14	0.0	120.0	105.0	5%	12000
1999-02-15	0.0	122.0	107.0	5%	12200
1999-02-16	0.0	125.0	110.0	5%	12500
1999-02-17	0.0	128.0	113.0	5%	12800
1999-02-18	0.0	130.0	115.0	5%	13000
1999-02-19	0.0	132.0	117.0	5%	13200
1999-02-20	0.0	135.0	120.0	5%	13500
1999-02-21	0.0	138.0	123.0	5%	13800
1999-02-22	0.0	140.0	125.0	5%	14000
1999-02-23	0.0	142.0	127.0	5%	14200
1999-02-24	0.0	145.0	130.0	5%	14500
1999-02-25	0.0	148.0	133.0	5%	14800
1999-02-26	0.0	150.0	135.0	5%	15000
1999-02-27	0.0	152.0	137.0	5%	15200
1999-02-28	0.0	155.0	140.0	5%	15500
1999-02-29	0.0	158.0	143.0	5%	15800
1999-03-01	0.0	160.0	145.0	5%	16000
1999-03-02	0.0	162.0	147.0	5%	16200
1999-03-03	0.0	165.0	150.0	5%	16500
1999-03-04	0.0	168.0	153.0	5%	16800
1999-03-05	0.0	170.0	155.0	5%	17000
1999-03-06	0.0	172.0	157.0	5%	17200
1999-03-07	0.0	175.0	160.0	5%	17500
1999-03-08	0.0	178.0	163.0	5%	17800
1999-03-09	0.0	180.0	165.0	5%	18000
1999-03-10	0.0	182.0	167.0	5%	18200
1999-03-11	0.0	185.0	170.0	5%	18500
1999-03-12	0.0	188.0	173.0	5%	18800
1999-03-13	0.0	190.0	175.0	5%	19000
1999-03-14	0.0	192.0	177.0	5%	19200
1999-03-15	0.0	195.0	180.0	5%	19500
1999-03-16	0.0	198.0	183.0	5%	19800
1999-03-17	0.0	200.0	185.0	5%	20000
1999-03-18	0.0	202.0	187.0	5%	20200
1999-03-19	0.0	205.0	190.0	5%	20500
1999-03-20	0.0	208.0	193.0	5%	20800
1999-03-21	0.0	210.0	195.0	5%	21000
1999-03-22	0.0	212.0	197.0	5%	21200
1999-03-23	0.0	215.0	200.0	5%	21500
1999-03-24	0.0	218.0	203.0	5%	21800
1999-03-25	0.0	220.0	205.0	5%	22000
1999-03-26	0.0	222.0	207.0	5%	22200
1999-03-27	0.0	225.0	210.0	5%	22500
1999-03-28	0.0	228.0	213.0	5%	22800
1999-03-29	0.0	230.0	215.0	5%	23000
1999-03-30	0.0	232.0	217.0	5%	23200
1999-03-31	0.0	235.0	220.0	5%	23500

Fig. 6 제공되는 장기기상자료

## (4) 가뭄분석

가뭄의 정도와 시·공간적 변화를 정량적으로 규명하기 위해 일반적으로 사용되고 있는 정규화된 강수지수(Standardized Precipitation Index, SPI)를 이용하여 가뭄의 심도, 빈도, 지속시간을 나타낼 수 있도록 하여, 저수지 운영에 대한 기초자료로 사용할 수 있도록 하였다.

## 4. 저수지 물관리 모형

효과적인 저수지 물관리를 위해서는 물관리 주체가 관개지구의 일 필요수량을 쉽게 계산할 필요가 있다. 이를 위해서는 입력 변수가 적고, 신뢰도가 높으며, 검정이 된 모형을 선택해야 한다. 이를 위해 김<sup>3)</sup>의 DIROM(Daily Irrigation Reservoirs Operation Model)모형을 기본으로 하여 모형을 구성하였다.

저수지 물관리 모형은 필요수량 산정 모형과 저수지 유입량 산정모형, 저수지 물수지 모형으로 나눌수 있다. 관개지구의 필요수량 산정 모형은 FAO 수정 Penman을 이용하여 구성하였다.

저수지 유입량 산정 모형은 tank모형을 이용하였으며, 미계측구역의 매개변수는 토지이용상태에 대한 회귀식을 이용하였다. 저수지 물수지 모형은 저수지의 수위-내용적 곡선을 이용하였으며, 계산된 유입과 방류량으로부터 저수지의 저수위와 저수량을 계산하도록 하였다.

Fig. 7과 Fig. 8은 관개지구의 필요수량과 모의방류량을 계산하기 위한 입력자료와 출력결과를 나타내고 있다. Web을 통하여 모형에 필요한 자료인 강수량, 평균기온, 풍속, 상대습도, 일조량 등의 기상자료와 관개지구명, 관개면적, 못자리 기간, 이앙기간 등을 입력한 후 실행시키면 HTML형식으로 잠재증발산량, 소비수량, 저수지 예상 방류량 등이 모의 발생되어 출력되게 된다.

The screenshot shows a web-based input form for the reservoir water balance model. The title is '저수지 필요수량 산정 모형 입력자료'. The form is organized into several sections:
 

- 모의방류명:** Includes fields for '기상정보소스', '관개지구명', '관개면적', '못자리기간', and '이앙기간'.
- 기상자료:** Includes fields for '강수량(mm)', '평균기온(°C)', '상대습도(%)', '일조량(h)', '풍속(m/s)', '풍향(°)', '풍속분포(%)', and '관개기간'.
- 관개지구명:** A field for the name of the irrigation area.
- 관개면적:** A field for the area of the irrigation area.
- 관개지구명:** A field for the name of the irrigation area.
- 관개기간:** A field for the irrigation period.

 At the bottom, there are buttons for '실행' (Execute) and '취소' (Cancel), and a footer for '한국조수연'.

Fig. 8 필요수량 계산모형의 자료입력화면

The screenshot shows the output results from the reservoir water balance model. The title is '저수지 필요수량 산정 모형 출력결과'. The output is displayed in a table-like format:
 

- 입력자료:** Shows the input values for '관개지구명', '관개면적', '못자리기간', and '이앙기간'.
- 산출결과:** Shows calculated values for '일조량', '상대습도(%)', '강수량(mm)', '평균기온(°C)', '풍속(m/s)', '관개기간', '관개면적', and '관개지구명'.
- 요약방류량:** Shows calculated values for '관개기간', '관개면적', '관개지구명', and '관개기간'.
- 예상방류량:** Shows calculated values for '관개기간', '관개면적', '관개지구명', and '관개기간'.

 At the bottom, there is a detailed note about the model's accuracy and a footer for '한국조수연'.

Fig. 9 필요수량 계산모형의 출력 화면

### III. 요약 및 결론

지역별 시기별 농업용수 필요량을 추정하고, 관개용 저수지의 이용을 극대화할 수 있는 물관련 정보를 제공함으로써, 효율적인 농업용수관리를 실현할 목적으로 지역별 표본 저수지에 대해서 물관리 관련 자료 기반을 구축하였으며, 이를 제공하기 위해 Web site를 이용한 정보시스템을 개발하였으며, 저수지 현황 자료, 저수지 운영자료, 기상예보자료, 가뭄분석자료 등을 제공할 수 있도록 하였으며, 저수지 운영자가 저수지 물관리 모형을 구동 할 수 있도록 하였다.

본연구의 내용을 정리하면 다음과 같다.

- ①저수지 운영을 위한 물관리 자료를 구축하기 위하여 26개의 표본저수지를 선정하였다.
- ②표본저수지에 대하여 저수지 현황자료, 과거 저수지 운영자료, 기상예보자료, 가뭄 분석자료 등을 데이터베이스로 구축하였다.
- ③관개지구의 필요수량, 저수지 유입량, 저수지 물수지 모형을 저수지 운영자가 Web에서 구동이 가능하도록 시스템을 설계하였다.

## 참고문헌

1. 강문성, 박승우, 진영민, 1998. 기상자료 미계측 지역의 추계학적 기상발생 모형, 한국농공학회지, 40 (1), pp. 57-67.
2. 김상민, 1998. 우리나라 주요 지점에 대한 가뭄지수의 산정과 비교, 서울대학교 석사학위 논문.
3. 김현영, 1988. 관개용 저수지의 일별 유입량과 방류량의 모의 발생, 서울대학교 박사학위 논문.
4. 정하우. 1987-1990. 밭 작물 소비수량 산정방법 정립 연구 (I-IV), 서울대학교 농업개발연구소, 농림수산부, 농어촌진흥공사.
5. 정하우, 김성준, 임정남. 1988, Penman에서 보정계수(C)가 잠재증발산량에 미치는 효과-수원지방의 수도에 대하여-, 한국농공학회지, Vol. 30 (3), pp. 51-57.