

# 물관리자동화시스템을 위한 개방형 운영 프로그램 개발

## Development of Open Water Management Program(OWMP) for Water Management Automation System with Open Architecture

김 선 주\* · 김 필 식\*\*  
Kim, Sun Joo · Kim, Pill Sik  
윤 찬 영\*\* · 박 재 흥\*\*\*  
Yoon, Chan Young · Park, Jae Heung

### Abstract

As a result of the recent water resources crisis, development of water management automation system becomes important. This system should be developed with open architecture in order to flexibly meet the spacial and time change of irrigation water demand. Thereby, water management automation system requires open architecture and suitable software program.

This study presents an application of object-oriented methodology for Open Water Management Program(OWMP). Accordingly, OWMP provides a high degree of reliability which allows modification of parameters by change of region or time to be possible.

OWMP consists of Data Base Management System(DBMS) and Model System. DBMS makes it possible to analyze data related with planning water schedule and establishing database. Model System calculates reservoir inflow, reservoir effluent and basin water demand. An operator decides the reservoir operation with results of Model System and DBMS. OWMP could be adapted to the planning and decision for saving water.

### I. 서 론

우리나라의 물이용 총량중 농업용수는 가장 큰 비중을 차지하고 있으나 유역과 연계하여 종합적으로 관리되지 못하고 개별적으로 관리 된다. 따

라서 합리적이고 효율적인 관리가 미흡하여 가뭄과 홍수피해가 빈번히 발생하고 있다.

그러므로 개별적인 물관리로 인한 농업용수의 손실과 비효율성을 최소화하기 위해 유역의 유출에서부터 유역의 용수수요량을 고려하여 수리시설

\*건국대학교 농축산생명과학대학  
\*\*건국대학교 대학원  
\*\*\*농업기반공사

키워드 : 물관리 프로그램, 객체지향기법,  
개방형 구조

물을 운영할 수 있는 종합적인 관리가 필요하다.

1980년대 이후 종합적인 물관리 시스템을 위해 「집중물관리」, 「물관리자동화시스템」 등에 대한 연구가 많이 이루어져왔다. 그러나, 자동수리구조물과 같은 하드웨어의 확장과 변경에 따라 소프트웨어의 개발이 미비한 현실이고, 하드웨어 분야에 있어서도 호환성, 범용성의 문제가 제기되고 있다. 지금까지 공급된 물관리자동화시스템은 대부분이 폐쇄적인 시스템으로서 어느 지구에 설치된 제품의 확장을 위해서는 기존제품과 통신 및 프로그램의 호환이 안되기 때문에 기종간의 통합이 대단히 어렵다. 이러한 문제점을 보완할 수 있도록 하드웨어의 확장과 변경에 능동적으로 대처할 수 있는 소프트웨어의 개발이 중요하고, 소프트웨어와 하드웨어사이의 범용성과 호환성을 위한 개방형구조(Open Architecture)의 시스템 개발이 필요하다. 그러므로, 물관리자동화시스템은 최근 자동화시스템이 갖추어야 하는 기본 조건인 개방형제어시스템(Open Control System)을 도입하도록 추진되어야 한다.

본 연구에서는 개방형제어시스템과 함께 운용될 수 있는 개방형 운영 프로그램(OWMP: Open Water Management Program)을 객체지향기법에 의해 개발하여 프로그램의 확장과 수정이 용이하고, 컴퓨터의 전문지식이 없는 사용자도 현장에서 쉽게 활용할 수 있도록 하였다. 본 프로그램은 모형시스템과 자료관리시스템으로 구성되어 있고 모형시스템은 유역자료와 실시간의 수문, 기상자료를 사용하여 일단위와 월단위에 대한 용수 수요상태와 공급상태를 파악할 수 있도록 하였다. 자료관리시스템은 실시간의 자료를 관리할 뿐만 아니라 기존 자료들의 통계적 분석을 통해 모형시스템의 결과와 비교가 가능하도록 하였다. 본 프로그램은 개방형제어시스템과 함께 효율적인 운영이 되도록 하여 사용자의 수리구조물 조작 결정을 지원하는데 목적을 두고 있다.

## II. 물관리자동화시스템

물관리자동화란 농업수리시설이 그 목적에 적합한 최대의 기능을 발휘할 수 있도록 관개지구내의 각종 시설을 단일 의지에 의하여 중앙에서 집중적이고 체계적으로 관리하는 것을 말한다. 물관리자동화를 위한 물관리자동화시스템은 Tele-Monitoring/Tele-Control 기술에 기초한 하드웨어적 구성과 물관리의사결정지원시스템을 기반으로 하는 소프트웨어적 구성으로 이루어진다.

### 1. 물관리자동화시스템의 하드웨어

물관리자동화시스템의 하드웨어 시설은 일반적으로 저수지, 취입보, 양배수장 등의 수원공과 용수로의 분수공, 제수공, 방수공 등을 자동조작이 가능하도록 하거나, 제어 및 계측이 가능하도록 만드는 시설이다. 이러한 하드웨어 시설은 중앙관리소에서 감시하고 제어한다. 관개지구 여러 현장에서 수집된 정보는 원격소장치(RTU; Remote Terminal Unit)를 통해 중앙관리소로 보내지고, 중앙관리소에서는 이러한 정보를 저장 분석되며 사용자가 수리구조물의 조작을 결정하면 다시 RTU를 통해 제어가 이루어진다. RTU와 중앙관리소간에는 감시와 제어가 가능하도록 양방향 통신이 설치되어야 한다.

최근 하드웨어분야에서의 호환성, 범용성의 문제가 제기되고 있는데 지금까지 공급된 물관리자동화시스템은 대부분이 폐쇄적인 시스템으로서 기존제품과의 통신, 소프트웨어의 호환이 안되기 때문에 하드웨어간의 통합이 어렵다.<sup>15)</sup>

그러므로, 이러한 상황을 방지하기 위해서 개방형제어시스템(OCS: Open Control System)의 도입이 필수적인 실정이다. 개방형제어시스템은 시스템의 각 장치들이 제작사에 종속되지 않고 시스템내부에서 투명하게 결합되는 개방형 구조(Open Architecture)로 이루어지고, 여러 공급자들의 하드웨어와 소프트웨어를 사용자가 쉽게 통합할 수 있도록 하는 기능을 표준사양으로 한다.

## 2. 물관리자동화시스템의 소프트웨어

물관리자동화시스템의 소프트웨어는 사용자에게 수리시설물의 조작을 결정하는데 편의를 제공할 수 있도록 개발되어야 하며, 개방형제어시스템에 적합하도록 프로그램의 확장과 호환이 용이하도록 개발되어야 한다.

본 연구에서는 개방형제어시스템에 적합하도록 개방형 프로그램의 개발을 위해 객체지향기법(Object-Oriented Programming Method)을 사용하였다.

개방형 구조는 원칙적으로 일반 사용자를 대상으로 외부 시스템을 수용할 수 있는 환경을 제공하는 것이며, 더불어 내부의 기능을 수정, 교체, 추가할 수 있는 개방 기능을 포함하여야 한다. 즉, 표준인터페이스를 사용하고, 기존의 응용 프로그램의 지원이 가능하며, 사용자에 의한 내부의 기능이 추가, 삭제 될 수 있는 가변성이 보장되어야 한다.

개방형 구조의 효율적인 사용을 위해 객체지향 기법을 사용하였고, 객체지향기법의 예를 들면 구조물을 구성하는 기둥, 보, 하중 등이 객체지향 시스템내에서 객체로서 표현된다. 객체는 속성(Attribute)과 이에 연관된 메소드(Method)가 함께 뭉친 개념으로, 이는 데이터구조와 행위방식을 말한다. 공통된 형태의 속성과 메소드를 가지는 객체들을 정의한 것을 클래스(Class)라 하며, 그 클래스의 속성과 메소드를 정의한 객체를 인스턴스(Instance)라 한다. 객체들은 메시지를 주고 받으면서 상호작용을 한다. 메소드는 객체에 메시지를 보냈을 때 그에 대해 일정한 작용을 수행하는 프로시저(procedure)이다. 유사한 클래스를 일반화시키고, 유사한 클래스에서 일반화된 특성을 그대로 물려받아 상세화하여 정의할 수 있다. 이때 하나의 클래스가 다른 클래스로부터 속성이나 메소드에 대한 정의를 물려받는 것을 상속(Inheritance)이라 한다.

객체지향 기법을 사용하므로 범용화를 제공하

Table 1 Design of object for open water management program

Object	Division	Description
Watershed	Data	Rainfall, Evapotranspiration, Watershed area, Land use data
	Method	Input of basin characteristics, Calculation of parameter, Calculation of runoff depth, Calculation runoff volume
Evapo-transpiration	Data	Temperature, Humidity, Wind velocity, Sunshine hours, Solar radiation, Crop coefficient
	Method	Penman method
Effective rainfall	Data	Rainfall, Water depth, Evapotranspiration, Infiltration, Water consumption
	Method	Calculation of effective rainfall
Water requirement	Data	Overall irrigation efficiency, Irrigation area, Water consumption, Effective rainfall, Net duty, Area (Watered direct seeding, dry direct seeding, Transplanting) Crop growth period, Gross duty of water
	Method	Calculation of water requirement(Watered direct seeding, Dry direct seeding, Transplanting)
Reservoir	Data	Reservoir level, Full water level, Dead water level, Irrigation area, Stage-storage curve, Daily irrigation requirement
	Method	Input of reservoir characteristic data, Calculation of water budget

고, 모듈로 구성되어 있으므로 프로그램들의 확장이나 재사용면에 있어 기존의 프로그램과는 다른 뛰어난 이식기능을 수행할 수 있다. 프로그램의 조작면에서도 간단하면서 편리한 기능을 제공한다. Table 1 은 개방형 물관리 프로그램(OWMP)을 위한 객체 설계의 일부를 나타낸다.

### 3. OWMP를 사용한 물관리자동화시스템의 구성

OWMP는 자료관리시스템과 모형시스템으로 구성되어 있고 기개발된 이론을 최대한 이용하여 현장에서 물관리를 하는데 도움이 되고자 하였다. 자료관리시스템에서는 개방형제어시스템을 통해 유역의 실시간 자료를 취득하여 DataBase를 구축하고, 기존의 자료들을 통해 월평균 유입량, 월평균 강우량, 순별 필요수량등을 통계분석 및 검색이 가능하도록 하였다. 모형시스템은 실시간의 자료를 이용하여 유역의 유입량과 관개지구의 필요수량을 모의하여 저수지 운영 결정을 하는데 편의를 제공한다.

개방형제어시스템은 RTU를 통해 OWMP에 수

집된 자료를 전송하고, 수리구조물의 제어를 실행한다. OWMP를 사용한 물관리자동화시스템의 구성은 Fig. 1 과 같다.

## III. 개방형 운영 프로그램(OWMP)의 모듈

### 1. 유입량 산정 모듈

#### 가. 수정 TANK 모형의 이론

수정TANK 모형은 농업용 저수지의 일별 유입량을 모의발생하기 위하여 Sugawara(1978)의 TANK 모형을 우리나라 관개용 저수지의 유역특성에 맞게 수정한 것으로서 관개용 저수지의 일별 유입량을 모의발생하는 모형이다.

본 연구에서는 3단 TANK, 4개의 유출공을 갖는 것으로 정하고 유역에 따라 TANK의 수나 유출공의 수는 조정하지 않는 것으로 하였으며 증발산 성분을 상수로 처리하여 유출해석에서 증발산 성분의 변화와 오차는 매개변수항으로 처리하였다.<sup>11)</sup>

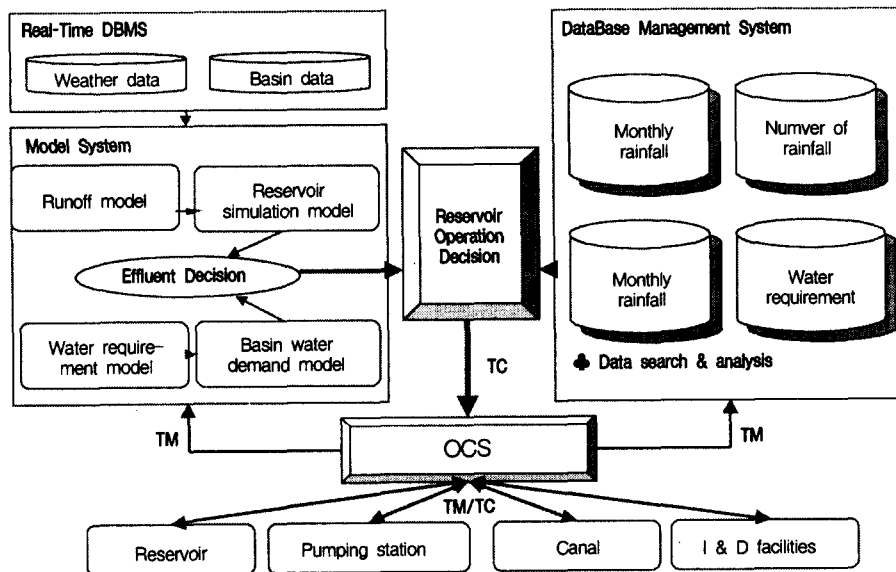


Fig. 1 Schematic of automation water management system with OWMP

나. 홍수기와 평수기에 따른 매개변수 회귀방정식  
 유출량을 모의발생하기 위해서는 매개변수 A, H, ST 및 B의 추정치 문제가 된다. IHP 유역 16개소, 기타지역 8개소, 총 24개소의 실측된 유출량 자료와 해당 유역의 수문특성 인자로부터 선형 회귀식을 재개발하여 일반화된 회귀방정식을 제안하고, 이를 통해 TANK 모형의 매개변수를 구하여 유역특성자료 즉, 유역면적, 논비율, 밭비율, 산림비율, 주하천길이, 형상계수, 유역경사 등의 자료를 입력하면 일유출량을 모의 할 수 있도록 하였다.

수정TANK 모형의 회귀방정식을 산정하는데 있어 6월-9월을 홍수기로 하고, 홍수기를 제외한 기간을 평수기로 하여 회귀방정식을 산정하였다.

각 유역의 실제 유출량 자료를 7~10년 정도 확보하여 매개변수를 Rosenbrock 법에 의해 최적화시켰고, 유역별 지상인자와 유역별 년단위 최적 매개변수와의 상관관계를 분석하였다.<sup>23)</sup> 상관관계분석에 근거하여 후진제거법(Backward Elimination Method)과 단계적 선택법(Stepwise Selection Method)에 의한 다중회귀분석을 실시하였다.<sup>11)</sup>

## 2. 필요수량 산정 모듈

논에서 작물생육을 위해 소비되는 수량에는 증발산량과 침투량 뿐만 아니라 여러 가지 재배방법에 따른 관리수량이 필요하다. 담수심을 일정하게 유지시키고, 중간낙수후 재관개 또는 간단관개, 기상·수문변화에 대응, 저온시기의 심수, 고온시기의 내리흘림 관개, 약제살포시의 담수심 변화 등 생산량 증대, 품질개선, 영농작업의 효율 향상 등을 목적으로 관리용수가 소비된다.<sup>13)</sup>

본 연구에서는 작물의 생육시기에 따른 필요수량을 산정하기 위해 이양재배기간을묘대기간, 이양일수, 본답기간으로 분류하고, 관리수량을 고려하여 각 생육기간별 필요수량을 산정한다.

증발산량산정은 적용성이 국내에서 입증되었으며 일단위 잠재증발산량 산정이 가능한 FAO 수정 Penman 식을 이용한다.

침투량산정은 우리나라의 경우 지역적인 편차가 대단히 큰편으로 약 3~7 mm/d로 볼 수 있고 전 관개기 동안 약 500~800 mm 정도로 볼 수 있다.<sup>10)</sup> 본 연구에서는 이13)(2000)가 사용한 전국의 도별 평균 침투량을 사용하였다.

## 3. 방류량 산정 모듈

관개용 저수지의 방류량은 당일의 기상조건(작물의 증발산량 및 유효우량), 용수로 조건(최저 방류량, 수로손실), 포장조건(침투량, 관리손실, 담수심, 관개면적, 물꼬높이) 및 작물의 생장단계 등의 환경에 지배를 받는 것으로 볼 수 있다.<sup>4),8),9)</sup> 이들 조건외에 관개방식이나 인습 등과 같은 공학외적인 요인도 작용할 수 있다. 본 연구에서는 저수지 수혜지역에 해당하는 관개지구에서 작물의 생육시기를 고려한 일별, 월별 소비수량 즉, 관개지구에서 필요로 하는 필요수량을 필요방류량으로 결정한다. 필요방류량에 따라 조작자는 방류량을 결정하고, 결정된 방류량은 저수지 물수지를 통해 저수량을 산정하도록 한다.

## IV. OWMP의 적용

### 1. OWMP의 조작

OWMP는 유역특성자료, 기상자료, 작물특성자료 등의 기본자료를 데이터베이스로 구축하고, 유입량 산정, 필요수량 산정, 방류량 산정의 모형시스템을 통해 일관된 절차에 따라 유역의 필요수량과 필요수량에 따른 공급가능수량을 산정한다.

OWMP의 초기화면은 모형시스템, 저수지조작, DBMS, 도움말로 구성되어 있고, 저수지 조작을 위해선 우선 초기화면에서 모형시스템을 실행하여 유입량 산정과 필요수량을 산정하여야 한다. 유입량 산정에서는 지역의 변화나 특성에 맞게 매개변수의 수정이 가능하도록 하였다.

Fig. 2, 3은 각각 유입량 산정 화면과 필요수량 산정 화면이다.

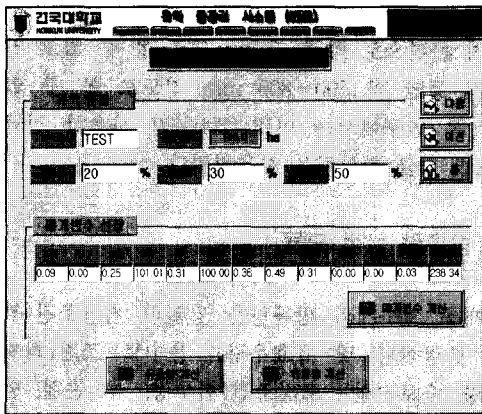


Fig. 2 Calculation of runoff

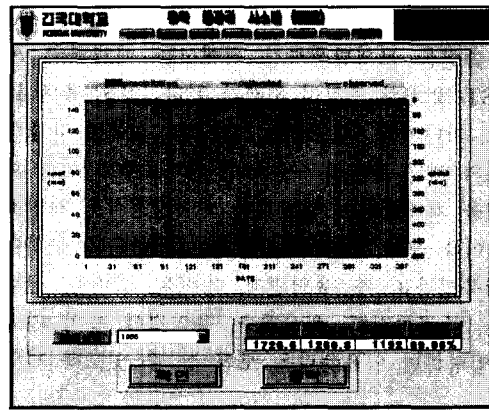


Fig. 4 Results of daily runoff hydrograph

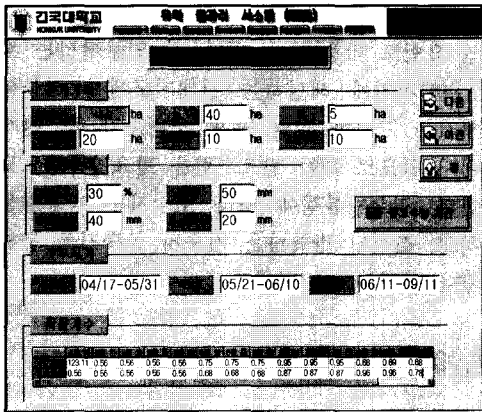


Fig. 3 Calculation of water requirement

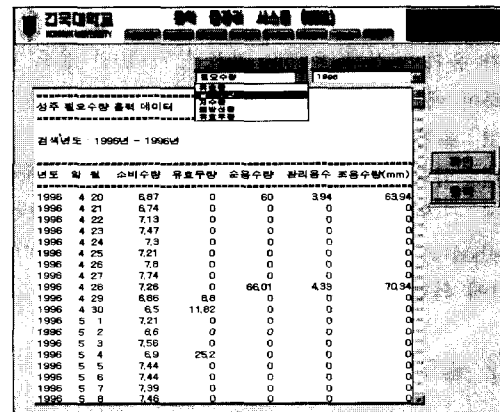


Fig. 5 Results of water requirement

Fig. 4, 5 는 모형시스템의 출력 화면이다.

## 2. OWMP의 모의적용

OWMP의 적용은 개방형 제어시스템이 모두 구축되어 있는 대상지구에서 직접 운영을 통해 수정, 보완 및 프로그램의 확장작업이 이루어지도록 한다. OWMP의 적용 대상 지구는 경상북도 서단에 위치한 성주지구로 주수원공은 성주댐으로 유역면적이 14,960ha에 이른다. 현재 하드웨어 구축 작업이 완료되지 못한 관계로 모형의 적용은 필요수량 산정 모형과 유역 유입량 산정 모형부분에 대해 각각 실시하였다.

필요수량 산정 모형은 경기진흥원 포장용수량 시험포장에서 실측한 관개수량, 담수심 및 유효수량 관측치를 비교하여 모의 적용하였다.

유입량 산정 모형은 개발된 회귀식의 검증을 위해 IHP 유역 16개소, 기타지역 8개소, 총 24개소의 실측된 유출량자료와 해당 유역의 수문특성인자를 사용하여 모의 적용을 실시하였고, 대상 지구에 대해서는 성주지구 성주댐의 1980년부터 1990년까지의 자료를 사용하여 적용하였다.

### 가. 유입량 산정모형 모의적용

#### 1) IHP유역 적용

평수위와 홍수위로 구분하여 산정된 회귀식을 사

용한 유입량 산정모형의 적용성을 검증하기 위해 기상, 수문자료와 연도를 달리하여 보성, 도척, 상안미, 기대유역에 적용하여 보았다. 검증에 사용한 매개변수는 해당유역의 지상인자를 이용하여 앞에서 구한 회귀식을 사용하여 그 값을 매개변수값으로 사용하였으며 이것으로 일별 유출량을 모의하여 추정하고, 실측된 일별 유출량으로 검증하였다.

Fig. 6, 7 에 나타난 결과와 같이 4개의 유역에

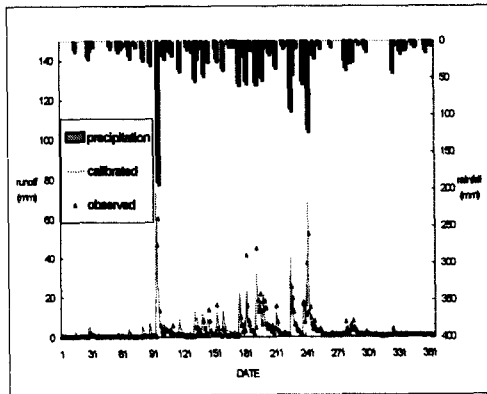


Fig. 6 Case of Boseong watershed (1980)

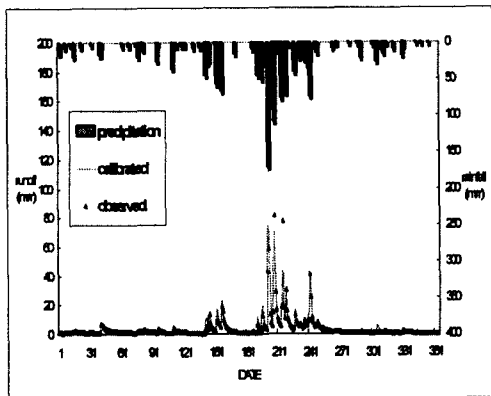


Fig. 7 Case of Docheok watershed (1987)

DBMS의 유입량 산정 모형을 적용한 결과 첨두 유출량 뿐만 아니라 일 유출량의 경향이 유사하게 나왔다. 보성의 경우는 실측과 모의의 상대오차가 0.1%로 나타났고, 도척은 5.4%, 상안미는 0.9%, 기대는 2.3%로 나타났다. 4개의 유역에 적용해 본 결과 도척유역을 제외한 나머지 유역 모두 5%이내의 상대오차를 나타내고 있다.

2) 성주지구 적용

성주지구 농업용수개발사업을 위해 대구지방 강우량을 이용하여 DAWAST 모형, 가지야마식으로 성주댐의 1980-1989년까지 유입량을 산정하였다.<sup>16)</sup> OWMP의 대상지구에 대한 적용성을 검토하기 위해 DAWAST 모형, 가지야마식으로 계산한 유입량과 비교를 실시하였다.

Table 2 Comparison of observed and simulated runoff (Unit : mm/year)

Watershed	Bosung (1980)	DoChuck (1987)	Sanganmi (1991)	Gidae (1986)
Precipitation	1879.4	1726.6	1476.6	1253.8
Observed runoff	1225.9	1260.8	993.4	601.6
Estimated runoff	1227.1	1192.4	1003.2	615.5
Relative error (%)	0.1	5.4	0.9	2.3

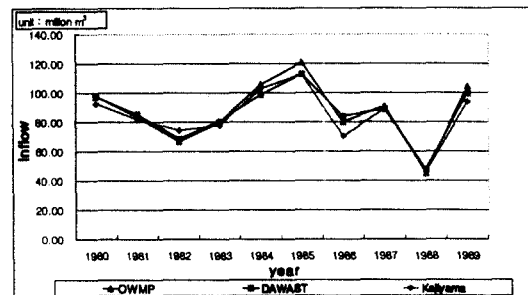


Fig. 8 Comparison of Seongju water-storage dam inflow (year)

Table 3 Comparison of Sungju water-storage dam inflow (unit : million m<sup>3</sup>)

years \ model	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
OWMP	97.77	83.65	66.58	79.59	105.65	121.04	80.00	90.96	45.20	104.18
DAWAST	97.39	85.64	68.73	80.50	98.95	113.11	84.21	88.82	47.93	99.50
Kajiyama	92.57	81.89	74.25	77.75	102.79	112.78	70.48	88.91	45.75	93.92

Table 3 과 같이 OWMP의 경우는 연평균유입량이 87.46 백만 $m^3$ 으로 나타났고, DAWAST 모형의 경우는 86.48 백만 $m^3$ , 가지야마식은 84.11 백만 $m^3$ 으로 나타났다. 상대오차는 DAWAST 모형의 경우는 1.11%, 가지야마식의 경우는 3.83%로 나타났다.

나. 필요수량 산정 모형모의 적용

OWMP의 필요수량 산정 모형은 영농방식 변화에 따른 필요수량 산정연구<sup>9)</sup>(농어촌진흥공사, 1997)에서 적용한 경기진흥원의 포장용수량 시험포장에서 실측한 관개수량, 담수심 및 유효수량 관측치를 비교하였다. OWMP에 적용한 기상자료는 1997년의 수원기상관측소의 자료이며 수원지방의 소구역 자료를 모형의 입력자료로 적용하였다. '97년 영농방식 변화에 따른 필요수량 산정연구 보고서에서 분석한 내용을 참조하여 침투량은 1 mm/d를 적용하였고 시설관리용수량은 없는 것으로 산정하였다.<sup>13)</sup>

Fig. 9 는 유역물관리 시스템의 산정결과와 실측치를 비교한 것으로 담수심 변화를 고찰하면 실측치와 모의발생치의 그래프가 유사한 경향임을 알 수 있으며 유효수량의 발생 경향도 차이가 거의 없는 것으로 분석된다.

모의 발생결과와 실측치를 비교한 Table 4 에서 보는 바와 같이 OWMP를 이용한 소비수량 산정 결과는 이양재배를 기준으로 886.3 mm, 강수량 840.1 mm에 대한 유효수량은 566.0 mm이고, 유효수량을 제외한 관개해야 할 수량은 313.7 mm로

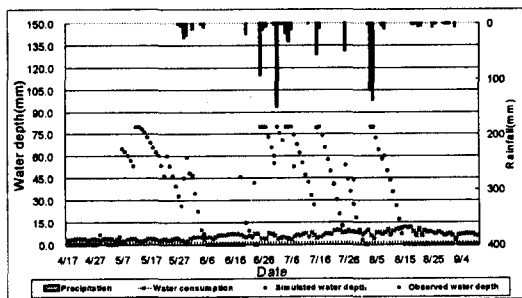


Fig. 9 Comparison of water depth in irrigation area

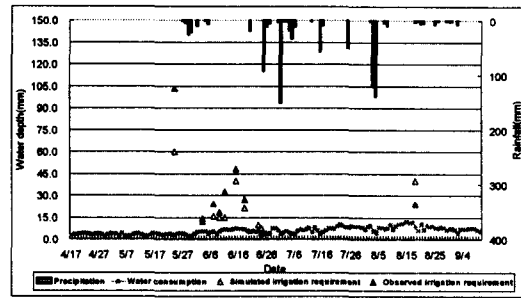


Fig. 10 Comparison of irrigation requirement in irrigation area

Table 4 Comparison of water requirement in irrigation area

Division	Water consumption	Irrigation requirement	Effective rainfall
Observed (mm)	900.3	300.8	579.6
OWMP (mm)	886.3	313.7	566.0
Relative error (%)	1.5	4.2	2.3

나타났다. 실측치와 비교하면 12.9 mm~14.0 mm의 차이가 발생하였고 상대오차는 모두 5% 미만으로 유의성이 입증되었으며 그래프를 통한 비교에서도 유효수량과 담수심의 변화 양상이 일치하는 등 모형의 합리성을 입증할 수 있었다.

V. 결 론

물관리자동화시스템은 최근 우리나라의 물부족에 대한 관심의 증가로 더욱 대두되는 부분이다. 하드웨어와 소프트웨어의 폐쇄적인 구조로 인한 호환성과 범용성의 문제를 해결하기 위해 개방형 제어시스템의 도입이 필요하고, 이에 적합한 개방형 소프트웨어를 개발하고자 객체지향기법을 이용하여 개방형 운영 프로그램(OWMP)을 개발하였다.

OWMP는 물관리자동화시스템의 소프트웨어분야를 담당하며, 하드웨어의 조작 및 실측자료의 취득 범위를 고려하여 현장에서 실시간 운영이 가



능하도록 하였고, 하드웨어의 확장이나 변경에 능동적으로 대처가 가능하도록 개발하였다. 객체지향기법에 의해 유역과 관개지구의 물관리구조를 모듈화하여 설계하였으므로 프로그램들의 개별적인 운용뿐만 아니라 확장과 이식성이 용이하다.

OWMP의 유입량 산정 모듈의 매개변수와 유역 수문특성인자들간의 회귀식을 평수기와 홍수기로 구분하여 개발하므로 홍수시 유출량 산정의 약점을 보완하였다. 개발된 OWMP를 경기진흥원의 시험포장에 적용해본 결과 소비수량은 886.3 mm, 강수량 840.1 mm에 대한 유효수량은 566.0 mm, 관개수량은 313.7 mm로 실측치와 비교하여 모두 5%미만의 상대오차를 나타내는 등 양호한 결과를 나타내므로 관개지구 소비수량의 효율적인 관리에 도움이 될 것으로 판단된다.

유입량산정 모형은 IHP 유역 4개소에서의 실측과의 비교를 통해 도척유역을 제외한 나머지 유역에서 모두 5% 이내의 상대오차를 나타내는 양호한 결과값을 얻었다. 대상지구인 성주지구의 농업용수개발사업을 위한 DAWAST 모형과 가지야마식에 의한 유입량 산정결과와 비교하여 각각 1.11%와 3.83%의 차이를 내고 있다.

OWMP는 초기 단계로 프로그램의 구성에 미비한 점이 존재하지만 현장에서 실시간으로 운용을 통해 실측 데이터의 취득과 운용, 모형시스템 운용의 지속적인 보완을 하며 현장에 효율적인 프로그램으로 개발한다면 앞으로 수자원의 절약에 도움을 줄 수 있을 것이다.

본 논문은 농림부 농림기술개발사업 "물관리 생력화 기술의 실용화" 연구중 "물관리 운용프로그램 개발 및 생육영향시험" 연구 결과의 일부임

### 참 고 문 헌

1. 김선주 외 6인, 1999, 관개배수공학, 동명사.
2. 김성준, 1987, 수원지방 답의 유효수량산정을 위한 전산모형개발 및 이용성 검토, 서울대학교 석사학위논문
3. 김시원, 김선주, 1988.12, 밭 관개의 계획용수량 및 시설용량의 성립에 관한 연구, 한국농공학회지 제30권 제4호, pp23~43
4. 김시원, 김철기, 이기춘, 1984, 농업수리학, 향문사
5. 김현영, 1988, 관개용 저수지의 일별 유입량과 방류량의 모의 발생, 서울대학교 박사학위 논문
6. 김현영, 1999, 농업용수 수요량의 새로운 추정 기법, 농공기술 No.62, pp101
7. 김현영, 박승우, 1988, 관개용 저수지의 일별 유입량과 방류량의 모의발생 (Ⅱ), 한국농공학회지, 30(2), pp. 95~104.
8. 농림부, 농어촌진흥공사, 1998, 농업생산기반정비사업계획설계기준, 관개편.
9. 농어촌진흥공사, 1997, 영농방식 변화에 따른 필요수량 변화 연구
10. 농림부, 농어촌진흥공사, 1999, 농촌용수 수량조사 종합보고서
11. 박승우, 1993, Tank모형 셀프로그램을 이용한 중소하천의 일유출량 추정, 한국농공학회지 26(3).
12. 박승우, 임상준, 1991, 전문가 시스템을 이용한 관개용 저수지 조작, 한국농공학회지, 제 33권, 1호
13. 이광야, 2000, 농업용수 수량 산정 시스템 개발, 건국대학교 박사학위 논문
14. 이남호, 정하우, 박승우, 1990, 관개조직의 일별 모의조작, 한국농공학회지, 32(3), pp. 67~78
15. 여운식, 고광돈, 1999, 물관리자동화시스템의 발전방향, 한국농공학회 학술발표회논문 pp. 99~104
16. 농어촌진흥공사, 성주농지개량조합, 1996, 성주지구 집중용수관리시스템 사업계획서
17. Allen, R.G., Pruitt, W.O., 1986, Rational use of the Blaney - Criddle formula, J. of Irri. &

- Drain. Div., ASCE, Vol.2 NO.2, pp139-155
18. Beasley, D. B., and L. F. Huggins, 1980, ANSWERS: User's manual, Agricultural Engineering Department, Purdue University, West Lafayette, Indiana.
  19. Bhirud N. K. Tyagi, and C. S. Jaiswal, 1990, Rational Approach for Modifying Rotational Water Delivery Schedule, J. of Irri. Drain. Engrg., ASCE, 116(5), pp. 632~644.
  20. Burman R. D., L. O. Pochop, M. A. Kostrzewski, C. D. Yonts, 1982, Statistical and Numerical Representation of Irrigation Water Requirements, Trans. of ASAE, pp. 165-168
  21. Claborn, B. J., & W. L. Moore, 1982, Texas Watershed Model(TWM), Hydrologic Modeling of Small Watersheds, Edited by C. T. Haan et al. pp.512, ASAE Monograph No.5.
  22. FAO, 1998, Crop evapotranspiration, FAO Irrigation and Drainage Paper 56
  23. Kuester, J.L. and J.H. Mize, 1973, Optimization Techniques with Fortran, McGraw-Hill, New York.