

## 소유역에서의 수계환경관리 및 평가시스템의 개발(II)

### - 시스템의 운용과 적용 -

강 문 성 · 박 승 우 · 허 용 구

## A Water Environment Management and Evaluation Systems for a Small Watershed (II)

### - Operation and Applications -

Kang, Moon-Seong · Park, Seung-Woo · Her, Young-Gu

### Abstract

This paper described the overall operations and applications of the water environment management and evaluation systems (WEMES) for environmental management, conservation, and evaluation for a small watershed. WEMES was to be applied with field data from small watersheds ranging from 0.4 to 29.79km<sup>2</sup> in size which have steep topography and complex landuses. WEMES was a computer aided decision support system, that was comprised of the database subsystem, the simulation model subsystem, the environmental evaluation model subsystem, and the graphic user interface subsystem that visualizes the simulated results. The water environment management and evaluation with WEMES was successfully performed.

#### I. 서 론

농업유역에서의 오염원은 유역 전체에 걸쳐 점원과 비점원이 복합적으로 산재해 있으며, 유역의 하천 수질과 관련된 환경은 유역내의 물질순환에 의하여 형성되는 특징이 있다. 따라서, 농업유역에서의 수계 환경의 관리 및 평가는 수량, 수질, 공간, 생태계 등의

수계환경의 구성요소를 전반적으로 고려하여 이루어져야 할 것이다.

이러한 수계환경의 구성요소를 종합적으로 고려하여 수계환경관리대안에 대한 수질개선 효과를 개량화하거나 대안의 우선순위를 도출할 수 있도록 사용자의 의사결정을 지원해 주는 소위 수계환경관리 및 평가시스템(watershed environment management and

evaluation systems, WEMES)의 개발이 필요하다. 이를 이용한 수계환경관리 및 평가의 목적은 조작권리자가 수계환경을 평가하고, 목표수질을 유지하기 위한 수계환경관리계획을 세우고 검토하는 데 있다. 그러나, 수계환경관리 및 평가를 위해서는 방대한 양의 자료에 대한 모니터링이 선행되어야 하며, 수계환경을 예측하고 평가하기 위한 수계환경예측모형 및 평가모형에 대한 전문적인 지식과 많은 시간이 필요로 하게 된다.

따라서, 농업유역의 수계환경관리 및 평가는 이러한 단점을 극복하여 보다 효과적이고 체계적으로 수행되어야 할 것이다. 즉, 사용자가 구축된 수계환경 자료를 바탕으로 수문/수질 예측, 모형 및 관리 평가 모형을 대상유역에 적용함으로써, 수계환경과 거동을 진단하고 관리하며, 수계환경을 계량화하여 평가함으로써 건전한 수계환경을 보전할 수 있는 방안을 제시하기 위한 사용자 중심의 의사결정지원시스템(Decision Support System, DSS)이 필요하다. 의사결정지원 체계는 시스템의 하드웨어, 소프트웨어 등의 적절한 조합으로부터 정보를 얻어 사용자의 의사결정을 지원하기 위한 체제를 의미한다.

그러나 지금까지의 수질관리모형은 개발자 위주로 구축되어 있어 그 사용성이 지극히 제한적인 단점을 가지고 있다. 이러한 점을 보완하기 위하여 수질관리모형은 정책결정자가 수질관리계획에 대한 의사결정을 하는데 효과적으로 도움을 주는 의사결정지원기법

이 적용된 시스템으로 구축되어야 할 필요가 있다 (양영민, 2000).

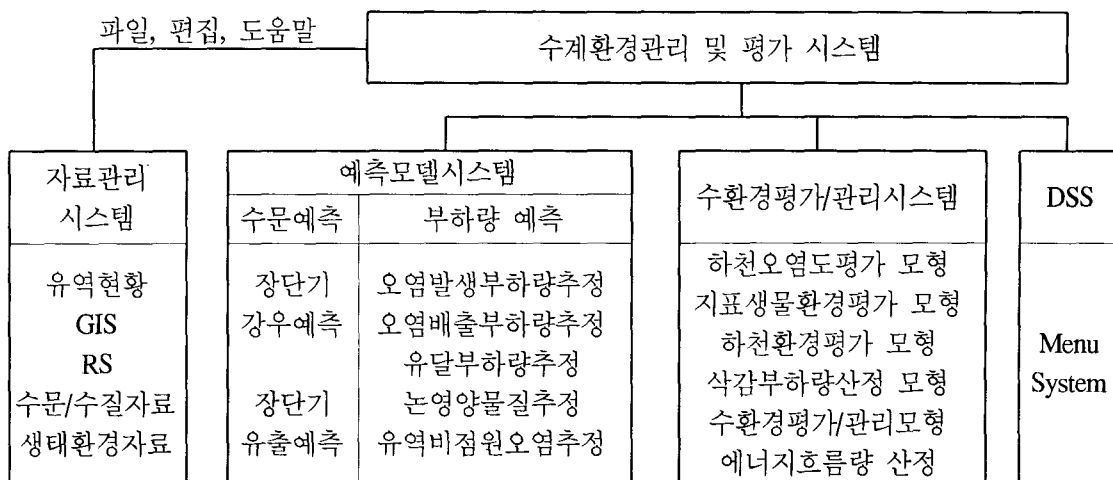
본 연구의 목적은 기 개발된 수계환경관리 및 평가 시스템의 운용과 적용을 위하여, 시험유역을 선정하여 시스템을 적용하고, 그 결과를 평가하며, 시스템의 자료관리와 수계환경 예측 및 평가 모델에 관련된 입출력 모듈을 정리함으로써, 컴퓨터 시스템에 대한 최소의 사전 지식을 갖는 조작권리자가 수계환경관리 및 평가시스템을 운용할 수 있도록 의사결정 지원을 위한 메뉴식 사용자 편의시스템의 구동 방법을 제시하고, 그 적용성을 평가하는 데 있다.

## II. WEMES 조작과 운용

### 1. WEMES의 구성

수계환경관리 및 평가시스템은 <그림 1>에서와 같이 자료관리시스템, 예측모델시스템, 수환경평가 및 관리시스템, 의사결정지원시스템 (decision support system, DSS) 등으로 구성되어 있으며, 이를 메뉴식으로 구성된 사용자 중심의 화상처리시스템 (graphic user interface, GUI)을 통해 컴퓨터와 사용자간의 호환성을 극대화하도록 하였다.

수계환경관리 및 평가시스템의 개발을 위한 소프트웨어는 MS-Visual basic과 MS-Fortran을 사용하였다. Visual basic은 시스템의 의사결정지원을 위한 전체적인 메뉴구성과 그래픽 및 텍스트로 주어지는 입출력



<그림 1> WEMES의 구성도

모듈의 구성에 사용되며, Fortran은 각각의 모듈에서 구동되는 모델링을 구현하기 위하여 사용되었다.

WEMES는 사용자가 수계환경 관리 및 평가를 하기 위해 의사결정을 지원해 주는 사용자 편의시스템이다. 즉, 구성된 수문/수질 예측 모형 및 관리 평가 모형을 이용하여 대상유역에 적용함으로써 수계환경과 거동을 진단하고 관리하며, 수계환경을 계량화하여 평가함으로써 건전한 수계환경을 보전할 수 있는 방안을 제시하기 위한 시스템이다.

WEMES는 컴퓨터와 조작자의 상호 호환을 위하여 메뉴식 대화식 등에 의하여 시스템의 구동을 행하도록 하였다. 컴퓨터 그래픽을 이용하여 공간적 시간적 수환경의 상황을 제시하고, 사용자가 실제 상황의 변화를 인식하여 평가하는 데 있어서 의사결정을 돕도록 구성하였다.

WEMES의 메뉴는 파일관리를 위한 파일, 간단한 편집기능을 갖는 편집, 자료관리를 위한 자료관리시스템, 기상, 수문, 수질 등의 예측이 가능한 예측모형시스템, 수계환경의 평가와 관리방안 제시를 위한 수환경평가시스템, 그리고 간략한 도움말 등으로 구성하였다.

<그림 2>는 WEMES의 구성화면을 보여주고 있다. WEMES는 풀다운 메뉴와 아이콘을 이용하여 각각의 시스템을 수행하며, <그림 2>에서와 같이, 로고화면에서는 현재 수계의 수온, pH, DO, COD, BOD, TN, 그리고 TP 등의 일반적인 소하천에서의 수질 항목별 오염정도를 나타내도록 구성하였다.



<그림 2> WEMES의 Logo화면 및 메뉴구성

## 2. 시험유역의 선정 및 특성

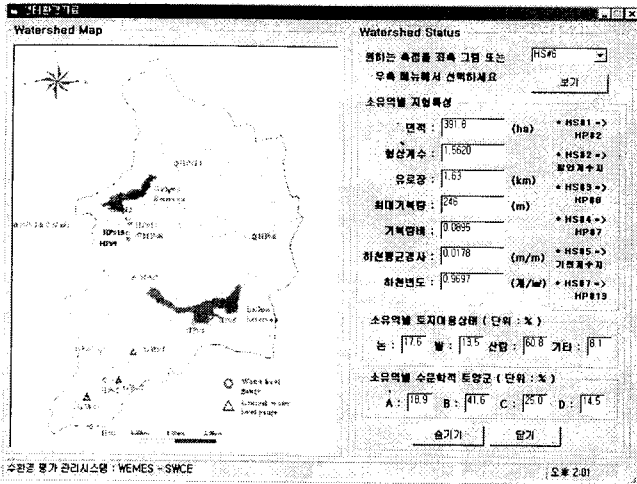
본 시스템의 적용성을 평가하기 위해 경기도 화성군 발안면과 봉담읍에 위치하고 있는 발안지 유역을 시험유역으로 선정하였다. 발안지 유역은 1996년부터 서울대학교 농공학과에서 수문, 수질 및 생태 모니터링을 실시하고 있는 지역이다.

<그림 3>은 시험유역으로 선정된 발안지 유역의 일반적인 특성을 보여주고 있다. <그림 3>에서와 같이 발안지 유역의 유역면적은 29.79km<sup>2</sup>이고, 산간지, 중산간지, 평단지, 취락지 등 다양한 토지이용상태를 보이고 있으며, 경지정리지구 및 개발보전지를 포함하고 있음은 물론, 도시화의 진행 등으로 수계환경변화가 다양한 특징을 보이고 있다. 1996년 수문·수질 계측망이 구성되었을 때는 HP#2, HP#5, HP#6, HP#7, HP#12, HP#14의 6개 소유역으로 구분되어 있었으나, 1998년부터 유역말단의 HP#1을 추가하여 총 7개의 소유역으로 구분되었다. 1998년 추가된 수문·수질 관측망으로는 저수지 관개량을 측정하기 위해 HP#4, HP#11, HP#13지점이 추가되었으며, 논에서의 관개회귀수 모니터링을 위하여 HP#3, HP#8, HP#9, HP#10, HP#11의 4개 지점을 추가하여 설치하였다. 또한, 관개시기의 지하수의 수위와 수질변화를 고찰하기 위해 GW#1, GW#2, GW#3의 지하수 관측공이 추가로 설치되었다. 또한, 유역내 산림과 발안저수지와 기천저수지 하류부에 관개지구를 선정하여 산림생태, 하천 주변생태, 곤충생태 및 농작물 생육환경 등의 농업생태환경 모니터링을 실시하였다.

본 연구에서는 기 개발된 시스템의 적용성을 평가하기 위하여 대상 시험유역의 7개 소유역중에 HP#6 소유역을 선정하였다. HP#6 소유역은 발안저수지 상류에 위치하고 있으며, 도로를 중심으로 식당이나 상점이 들어서 있어 도시화가 진행중인 소유역이다.

<그림 3>은 HP#6 소유역의 일반적인 유역현황을 보여주고 있다. HP#6 소유역의 유역면적은 391 ha이고, 형상계수는 1.56, 유로장은 1.63km, 최대기복량은 0.0895, 그리고 하천빈도는 0.97 등이었다. 대상유역의 토지이용상태는 논이 17.6%, 밭이 13.5%, 그리고 산림이 60.8%로서 91.9%를 차지하고 있으며, 최근 도시

화에 따른 도로와 음식점이 증가하고 있다. 수문학적 토양군의 비율은 B토양군이 162.9ha로서 전체의 42%를 차지하고 있어 침투율이 대체로 크고, 배수특성이 비교적 양호한 것으로 나타났다.

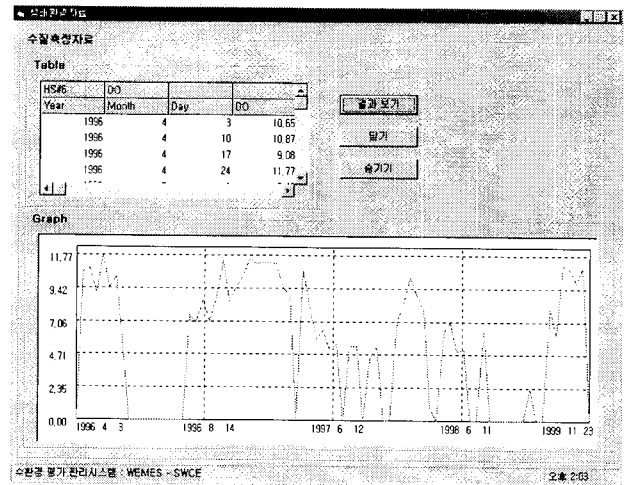


<그림 3> 시험유역의 유역특성현황

### 3. 자료관리시스템

자료관리시스템은 대상유역의 지상인자, 수문인자, 오염원 등의 전반적인 유역현황과 구축된 GIS (geographic information system), RS (remote sensing) 및 수문, 수질, 생태자료의 데이터베이스를 제공한다.

GIS자료는 지형도 등과 같은 기본도와 토지이용도, 토양도 등의 주제도를 제공하고, RS자료는 대상유역의 토지피복상태, CN 등의 자료는 물론 대상 유역에 대한 다시기의 피복변화도 제공하여준다. 대상 유역의 수문, 수질, 그리고 생태자료는 데이터베이스를 구축하여 예측모델시스템의 입력자료 및 현황자료로 이용되어진다. 각각의 데이터베이스의 자료는 자료기간별 축점별 검색, 갱신, 저장이 가능하며, 이에 따른 검색 결과는 그래프 형태와 텍스트 자료로 동시에 제공하여 준다. <그림 4>는 HP#6 소유역에서의 총 자료기간중의 DO 농도를 텍스트와 그래프로 보여주고 있다. <그림 4>에서와 같이, 자료기간에 대한 DO 농도의 평균은 7.4mg/l, 표준편차는 2.2mg/l이다.



<그림 4> 수질자료의 출력 결과 (HP#6)

## 4. 예측모델시스템

### 가. 수문예측모형

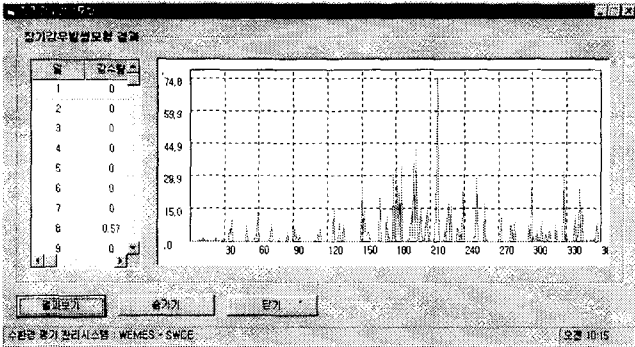
수문예측모형의 수행 모듈은 장단기 강우발생모의와 유출량 추정을 위한 입출력 모듈로서 구성된다.

장단기 강우발생모형의 단기강우모의를 위한 입력 모듈은 강우시작시간, 총강우량, 강우지속시간, 5일 선행강우량과 SCS 강우타입 등으로 구성되며, 출력모듈은 입력모듈로부터 입력된 기본 자료로부터 시간별 강우량을 발생시켜 텍스트와 그래프 형태로 보여준다. 장기강우의 모의는 강문성(1998)이 제안한 추계학적 모의모형을 이용하여 일별 강우량을 발생시킨다. 장기강우의 모의발생 입출력 모듈은 입력모듈에서 사용자에 의해 선택된 기상발생년도를 입력자료로하여 일 강우량을 발생시켜 텍스트와 그래프 형태로 보여준다.

<그림 5>는 시험유역에서의 장기 강우발생모형을 이용하여 2001년에 대해 일별로 강우를 모의한 결과를 보여주고 있다. 모의 결과, 2001년 연강수량은 955mm로서 시험유역의 1996년 연강수량인 922mm와 가장 유사한 값을 보였다.

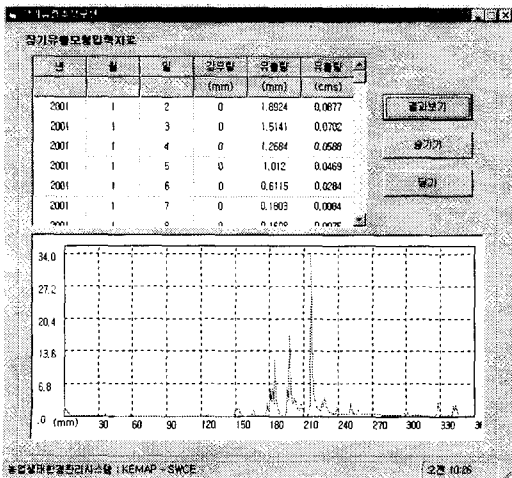
수문예측모형에서의 단기유출량 추정은 강우량, 강우형태, 강우지속시간 등의 강우자료와 유역면적, 논면적, CN, 도달시간 등과 같은 수문특성인자를 입력모듈로 구성하였으며, 이를 수행한 결과를 보여주는 출력모듈은 시간별 유출량을 텍스트와 그래프 형태로

나타내도록 구성하였다. 또한, 장기유출량 추정은 자료관리시스템의 실측 일별강수량 또는 예측시스템의 장기강우발생모형으로부터 발생된 미래의 일별강수량 등의 입력자료를 입력모듈로부터 입력받아, 추정된 해당연도의 일별유출량을 출력모듈을 통해 텍스트와 그래프로 나타내도록 하였다.



<그림 5> 장기강우예측 결과

<그림 6>은 모의된 일별 강수량을 입력자료로 하여 일별유출량을 추정된 결과를 보여주고 있다. 본 시스템으로 2001년도 장기 유출량을 추정된 결과, 연간 유출량은 277.9mm로 나타났으며, 유출율은 29.1%였다. 해당 지역의 1996년부터 2000년까지의 유출율은 43.5%에서 64.5%의 값을 보였다. 유출율이 비교적 작은 값을 보인 것은 모의된 연강우량이 955mm로서 작은 양이었기 때문으로 보인다.

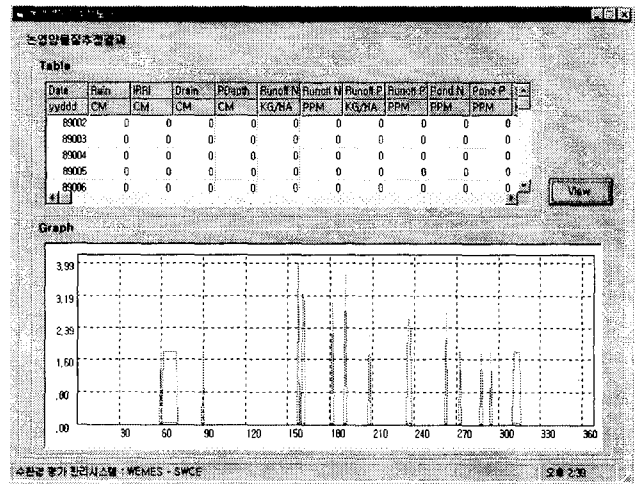


<그림 6> 장기유출량 추정 결과

나. 수질예측모형

수질예측모형은 논영양물질추정, 유역비점원오염추정, 발생·배출부하량 산정, 그리고 유달부하량을 계산하기 위한 입출력 모듈로 구성된다.

논영양물질모형은 기 구축된 강우자료를 자료관리시스템으로부터 검색을 통해 받아들이며, 입력모듈은 강수와 관개수의 시비농도 그리고 시비량으로 구성되고, 출력결과는 텍스트 및 그래프를 통하여 관개기간 중의 영양물질 거동을 나타내도록 하였다. <그림 7>은 논영양물질을 추정된 결과를 보여주고 있다.



<그림 7> 논영양물질추정모형의 출력결과

유역비점원오염의 추정은 자료관리시스템으로부터 GIS 자료를 입력자료로 하여 AGNPS모형을 구동함으로써 비점오염원을 정성적으로 추정하도록 하였다.

유역 발생·배출부하량은 유역의 오염원과 기타 처리시설을 사용자가 직접 선정하거나 기 구축된 데이터베이스로부터 입력자료를 구축하여, 이에 대해 결과를 정량적으로 나타내도록 하였다.

유달부하량은 입력모듈에서 해당연도를 입력하면 자동적으로 데이터베이스 또는 일별강수모형을 통해 그에 해당되는 연도의 일별강수량을 발생시키며, 이를 입력자료로 하여 일별 유출량을 추정하고, 부하량-유량 관계식을 이용하여 정성적 정량적으로 수계의 부하량을 산정하여 보여주도록 하였다. <표1>은 HP #6 측정점의 부하량-유량 관계식을 보여주고 있다.

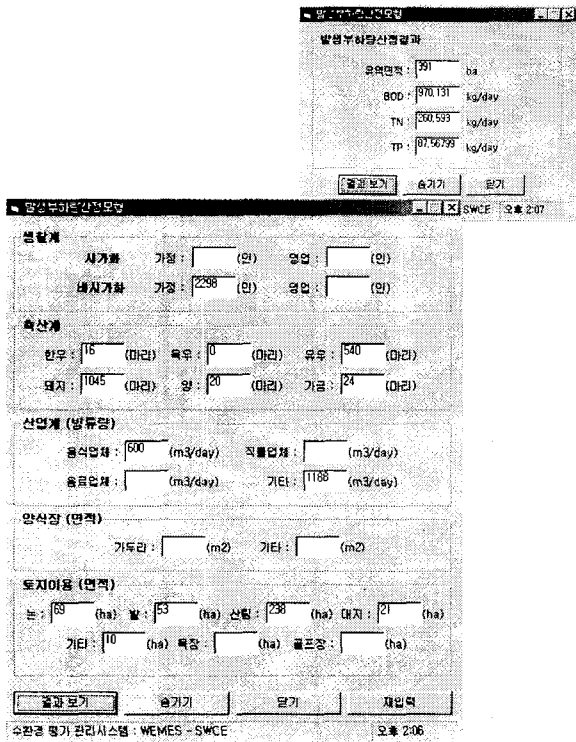
<표1> 부하량-유량 관계식 (HP#6)

L(kg/day)-Q(m <sup>3</sup> /day) 관계식	R <sup>2</sup>
SS = 0.0002Q <sup>1.4868</sup>	0.9231
TN = 0.0256Q <sup>0.8569</sup>	0.9215
TP = 5×10 <sup>-4</sup> Q <sup>0.9687</sup>	0.9232

SS: 부유물질, TN: 총질소, TP: 총인, Q: 유량

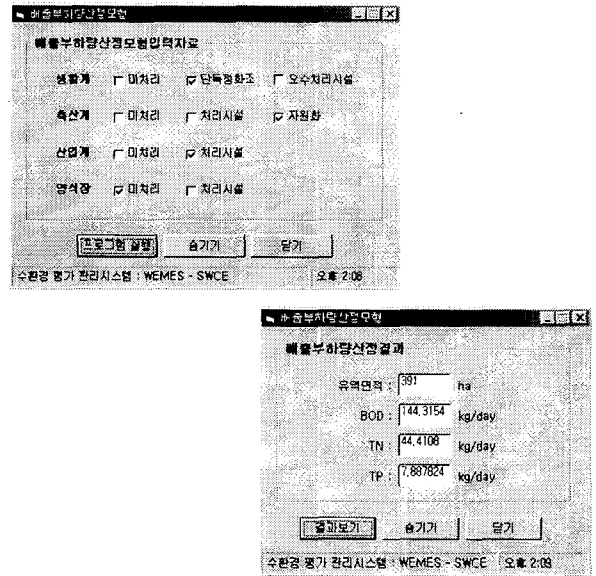
<그림 8>~<그림 10>은 HP#6 소유역에 대해 발생, 배출, 그리고 유달부하량을 산정한 입출력모듈의 결과를 보여주고 있다.

시험유역인 HP#6 소유역의 발생부하량 산정을 위한 입력자료는 <그림 8>에서와 같이, 생활계, 축산계, 산업계, 그리고 토지이용계 등으로 구성되며, 각각의 오염원 자료는 유역 조사를 통하여 구득하였다. 구축된 자료를 바탕으로 발생부하량을 산정한 결과, BOD는 970.13kg/day, TN은 260.59kg/day, 그리고 TP는 87.57kg/day인 것으로 나타났다.



<그림 8> 발생부하량산정모형의 입출력모듈

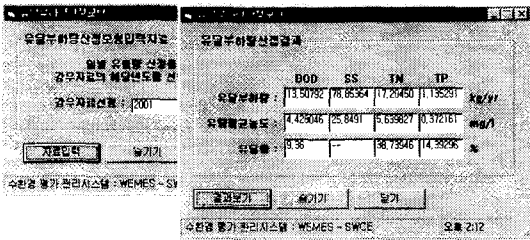
배출부하량 산정을 위해 유역의 오염원 환경 기초 처리시설을 조사하여 개략적인 선정을 하여 입력자료를 구성하였다. 시험유역인 HP#6 소유역은 단독정화조 시설, 축산은 자원화, 산업계는 각각의 독립적인 처리시설을 갖추고 있었다. 이를 바탕으로 산정된 배출부하량은 <그림 9>에서 보듯이, BOD는 144.32kg/day, TN은 44.41kg/day, 그리고 TP는 7.89kg/day인 것으로 나타났다.



<그림 9> 배출부하량산정모형의 입출력모듈

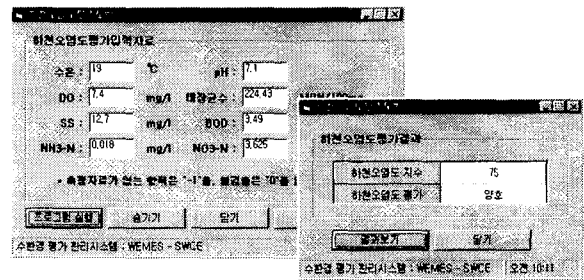
유달부하량은 2001년도의 기상발생에서 모의된 장기 일별 강우량과 유출량, 그리고 부하량-유량 관계식을 이용하여 산정하였다. 유달부하량 산정 결과는 <그림 10>에서와 같이, BOD가 13.51kg/day, SS가 78.75kg/day, TN이 17.20kg/day, 그리고 TP가 1.14kg/day인 것으로 나타났다. 이상의 계산 결과는 1996년에서 2000년 자료기간동안의 평균값인 SS가 111.98kg/day, TN이 52.11kg/day, 그리고 TP가 3.25kg/day인 것에 비하여 작은 값을 보였다. 이는 기상모의 발생모형에서 모의된 연강수량이 955mm로서 작은 양이었기 때문인 것으로 사료된다. 유량평균 농도는 BOD가 4.43mg/l, SS가 25.85mg/l, TN이 5.64mg/l, 그리고 TP가 0.37mg/l로서 수질항목에 따라

수질기준 4급수를 상회하는 것으로 나타났다. 따라서, 본 소유역은 목표수질에 따른 적절한 삭감계획을 설정하여 시행하여야 할 것으로 보인다. 유달율은 BOD가 9.36%, TN이 38.74%, 그리고 TP가 14.39%인 것으로 나타났다.



<그림 10> 유달부하량산정모형의 출력모듈

용한 결과를 보여주고 있다. <그림 11>에서와 같이, 각각의 수질항목별 입력치는 5년간의 모니터링 결과의 평균값을 이용하였으며, 그 결과 HP#3 소유역의 하천오염도 지수는 75이고, 하천오염도 평가는 '양호'인 것으로 나타났다.



<그림 11> 하천오염도평가모형 입출력 결과

### 5. 수환경평가/관리시스템

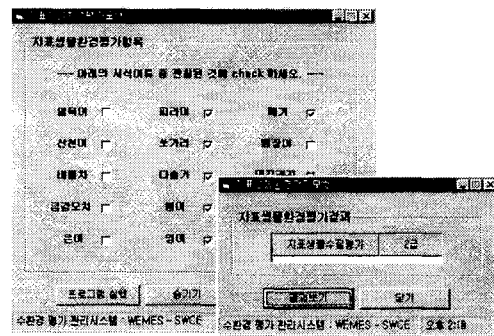
수환경평가/관리시스템은 사용자 하여금 관심있는 수계에 대하여 개략적인 수계환경평가를 가능하게 하고, 이로 하여금 향후의 수질보전과 관리, 개선방향 및 대책을 강구할 수 있도록 사용자의 의사 결정을 도와주는 기능을 담당한다.

#### 가. 수환경평가모형

수환경평가모형은 자료관리시스템과 예측모형시스템의 결과에 대한 수계의 환경을 평가하기 위하여 하천오염도평가, 지표생물환경평가, 그리고 하천환경평가 등을 수행한다. 하천오염도평가는 수온, pH, DO, 대장균수, SS, BOD 및 질소성분의 농도 등이 입력자료로 구성되며, 그 결과의 출력은 가중 점수화하여 하천오염도 지수로서 정량적으로 나타냄은 물론 우수(A)~아주나쁨(E)으로 다섯 등급의 판정기준을 두어 이를 나타내도록 하였다. 지표생물환경평가는 지표생물 등급을 4개 등급으로 구분하여 사용자가 선정한 생물에 대해 제시된 수질등급으로 수계환경을 평가하게 된다. 하천환경평가모형은 야생성, 수질, 하천형태, 사회성 등에 대한 각각의 항목을 사용자가 선택하면, 이를 점수화한 하천환경점수를 정량적으로 제시하고, 이에 따른 적합한 지역의 상태를 나타내어준다.

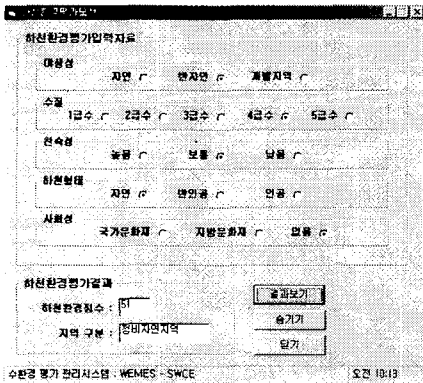
<그림 11>은 시험유역에 하천오염도평가 모형을 적

<그림 12>는 지표생물을 이용한 환경평가의 결과를 보여주고 있다. 시험유역에 대한 설문조사를 통해 발견된 지표생물은 피라미, 메기, 쏘가리 등이었으며, 지표생물평가 결과 2급인 것으로 나타났다.



<그림 12> 지표생물환경평가모형 입출력 결과

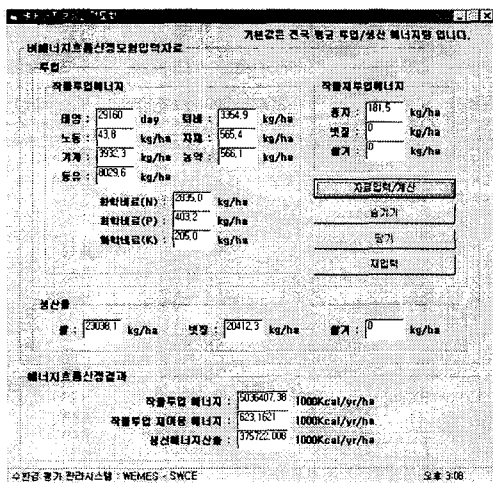
<그림 13>은 하천환경평가모형의 입출력 결과를 보여주고 있다. <그림 13>에서와 같이, HP#6 소유역에 대한 하천환경평가 입력자료는 야생성은 반자연, 수질은 4급수, 친숙성은 보통, 하천형태는 자연, 사회성은 없는 것으로 조사되었으며, 이를 바탕으로 한 시험유역의 하천환경 평가 점수는 51, 지역구분은 정비자연 지역인 것으로 나타났다.



<그림 13> 하천환경평가모형의 입출력 결과

### 나. 에너지 흐름모형

벼에 대한 투입 및 생산에너지의 산정모듈은 <그림 14>에서 보는 바와 같다. 벼에너지 흐름산정에 대한 입력자료는 직접투입에너지, 작물재투입에너지, 그리고 생산물 등이 양으로 입력되며, 출력결과는 작물 투입에너지, 작물투입 재이용에너지, 그리고 생산에너지 등이 칼로리로 산출되어진다. HP#6 소유역에 대하여 전국 평균값을 입력하여 얻어진 벼에너지흐름산정 결과, 작물투입에너지는 5036407.38 1000kcal/yr/ha, 작물투입 재이용에너지는 623.16 1000kcal/yr/ha, 그리고 생산에너지는 375722 1000kcal/yr/ha인 것으로 산출되었다.



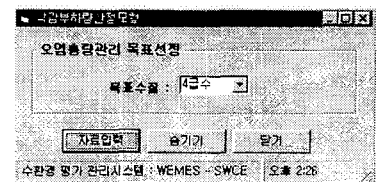
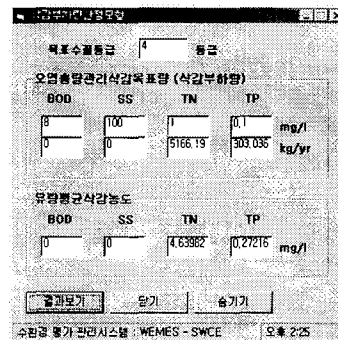
<그림 14> 벼에너지 흐름산정모형의 입출력 모듈

### 다. 최적수질관리모형

최적수질관리모형은 오염총량관리 삭감목표량 산정과 수환경정화공법에 따른 종합적 하천환경보전 및 평가를 수행한다. 삭감부하량산정은 사용자가 입력모들상에서 목표수질을 선택하면, 예측모형시스템에서의 결과를 바탕으로 오염항목별 삭감부하량과 유량평균 삭감농도를 계산하여 나타내어진다.

<그림 15>는 시험유역인 HP#6 소유역의 삭감부하량산정의 입출력 결과를 보여주고 있다. <그림 15>에서와 같이, 오염총량관리목표를 농업용수 수질기준인 4급수로 하였을 때, 오염총량관리를 위한 삭감목표 부하량은 BOD와 SS의 경우 이미 수질기준을 만족하고 있었다. 다만, 총질소의 경우 5166kg/yr, 총인의 경우는 303.036kg/yr가 삭감해야할 부하량으로 나타났고, 유량평균삭감농도는 총질소가 4.64mg/l, 총인이 0.27mg/l인 것으로 나타났다.

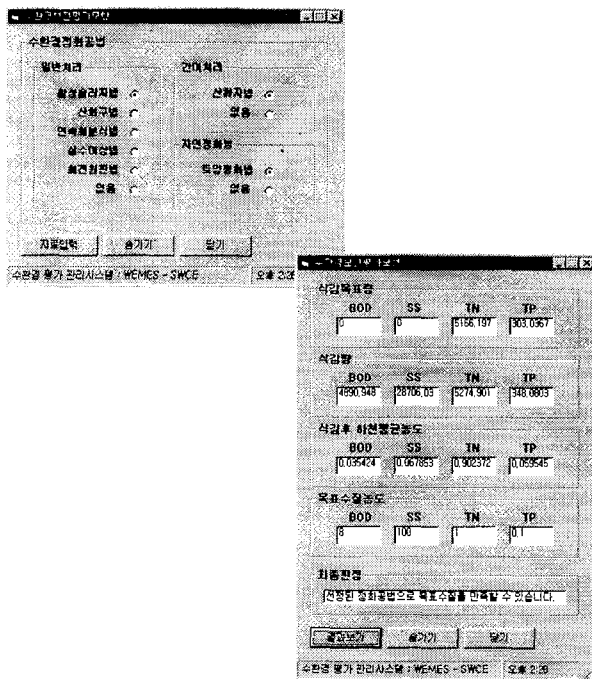
수환경보전을 위한 평가모형은 사용자가 여러 가지의 정화공법을 선택할 수 있으며, 이에 따른 삭감목표량, 삭감량, 삭감후 하천평균농도 등을 나타냄은 목표수질농도와의 비교를 통해 최종적인 목표수질 달성여부에 대한 판정 결과를 사용자에게 제시하여 준다.



<그림 15> 삭감부하량산정 입출력 결과



<그림 16>은 수환경보전평가모듈의 수행결과를 보여주고 있다. HP#6 소유역의 오염총량관리 목표를 달성하기 위하여 수환경정화공법중 일반처리는 활성슬러지법, 간이처리는 산화지법, 그리고 자연정화능인 토양처리법 등의 정화공법을 적용하였을 때, 삭감후 하천평균농도는 BOD가 0.035mg/l, SS가 0.068mg/l, TN이 0.9mg/l, 그리고 TP가 0.06mg/l인 것으로 나타났다. <그림 16>에서와 같이, 농업용수 수질기준인 4급수에 대하여 선정된 정화공법이 목표수질을 만족할 수 있음을 본 시스템에 의해서 도출할 수 있다.



<그림 16> 수환경보전평가모형 입출력 결과

### III. 요약 및 결론

본 연구에서는 소유역에서의 건전한 수계환경관리 방안과 평가를 위하여, 개발된 수계환경관리 및 평가시스템의 조작과 운용에 대하여 정리하였고, 발안지유역의 HP#6 소유역을 시험유역으로 선정하여 본 시스템의 적용가능성을 평가하였으며, 각각의 시스템 모듈의 구동 방법을 제시함으로써 최소한의 컴퓨터 지식을 갖는 조작관리자가 수계환경평가와 관리가 가

능하도록 하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

① 수계환경의 건전한 관리와 효과적인 평가를 수행하기 위해 자료관리시스템, 예측모형시스템, 수환경평가시스템 등으로 구성된 수계환경관리 및 평가시스템의 구성 및 조작과 운용상의 특징을 정리하였다.

② 수계환경관리 및 평가시스템은 풀다운메뉴를 제공하는 메뉴식 구동 시스템으로 구성함으로써, 컴퓨터 시스템에 대한 최소한의 지식을 갖는 조작관리자가 수계환경을 종합적으로 평가, 관리할 수 있도록 의사결정지원체계를 정립하였다.

③ 자료관리시스템은 대상 수계의 유역현황과 기 구축된 GIS, RS 및 수문, 수질, 생태자료에 대해 검색, 갱신, 저장 등이 가능한 데이터베이스 기능을 제공한다.

④ 예측모델시스템은 미래의 시간별, 일별 등 장단기 강우량 및 유출량을 모의할 수 있도록 하였고, 이를 이용하여 논영양물질과 유역단위의 비점원오염의 추정은 물론 대상유역의 발생, 배출 및 유달부하량의 산정이 가능하도록 구성함으로써 현재의 수계환경과 장래의 수계환경의 변화를 조작관리자에게 제공할 수 있도록 하였다.

⑤ 수환경평가/관리시스템은 조작관리자가 하천오염도 평가와 지표생물을 이용한 환경평가를 수행할 수 기능을 제공함으로써 관심있는 수계에 대해 개략적인 수계환경평가가 가능하도록 하였으며, 생태지표 분석방법중의 하나인 벼에너지흐름 모형과 삭감부하량산정 및 수환경보전평가를 위한 최적수질관리모형을 이용하여 향후 수질보전과 관리, 개선방안 및 대책을 강구할 수 있도록 사용자의 의사결정을 도와주는 기능을 담당하도록 하였다.

⑥ WEMES는 프로그램의 구동 결과를 모니터나 프린터를 통해 텍스트, 그래프, 표, 기타 자료 등으로 나타냄으로써, 조작관리자가 수계환경관리 및 평가를 효율적으로 수행할 수 있도록 하였다.

⑦ 본 시스템에 의한 시험유역의 수문예측 결과, 2001년 연강수량은 955mm, 장기유출량은 277.9mm였으며, 유출율은 29.1%인 것으로 나타났다.

⑧ 본 시스템의 수질예측모형에 의한 적용 결과, 발생부하량은 BOD가 970.13kg/day, TN이 260.59kg/day, TP가 87.57kg/day였고, 배출부하량은 BOD가 144.32kg/day, TN이 44.41kg/day, 그리고 TP가 7.89kg/day인 것으로 산정되었으며, 유달부하량은 BOD가 13.51kg/day, TN이 17.2kg/day, TP가 1.14kg/day였고, 유달율은 각각 9.36%, 38.74%, 그리고 TP가 14.39%인 것으로 나타났다.

⑨ 수환경평가모형을 시험유역에 적용한 결과, 하천 오염도지수는 75였고, 하천오염도 평가 결과는 양호한 것으로 나타났고, 지표생물 평가 결과는 2급이었다. 하천환경평가 결과 하천환경평가 점수는 52였고, 지역 구분은 정비자연지역인 것으로 나타났다.

⑩ 최적수질관리모형을 이용하여 시험유역에 삭감 부하량을 산정한 결과, 목표수질 4급수에 대하여 연간 삭감량은 BOD가 4895kg/day, SS가 28706kg/day, TN이 5274.9kg/day, 그리고 TP가 348.1kg/day인 것으로 나타났으며, 적절한 수환경정화공법을 적용하면 목표 수질을 만족할 수 있는 것으로 나타났다.

본 시스템은 수계환경을 수질 중심으로 평가가 이루어졌으며 차후에 생태환경모델링 기법을 추가하여 종합적인 수계환경을 평가하기 위한 보완 연구가 이루어져야 할 것이다.

본 연구는 농림기술관리센터의 농림특정 연구과제 “농업생태환경모니터링 및 종합적 환경관리시스템 개발 사업”의 농업특별세 지원으로 수행되었음.

**참고문헌**

41. 강문성, 1995. 우리나라 일별 기상인자의 추계학적 모의발생에 관한 연구, 서울대학교 석사학위논문.  
 42. 강문성, 박승우, 박희성, 1996. 영산호 홍수예경보 시스템 (FFCUS) 1996년 한국농공학회 학술발표회 논문집, pp. 234-239.  
 43. 강문성, 박승우, 진영민, 1998. 기상자료 미계측 지

역의 추계학적 기상발생모형, 한국농공학회지 40(1) : 57-67.  
 44. 강민구, 박승우, 임상준, 1999. SCE-UA법을 이용한 수문모형의 매개변수 추정, '99 한국수자원학회 학술발표 논문집.  
 45. 강상준, 최철수, 1991. 대청호 유역의 식생, 대청호 호서 생태계 조사 연구 보고서.  
 46. 국립환경연구원, 1987. 폐수배출시설 표준원단위 조사연구 (I), 국립환경연구원보, Vol (9).  
 47. 국립환경연구원, 1988. 폐수배출시설 표준원단위 조사연구 (II), 국립환경연구원보, Vol (10).  
 48. 국립환경연구원, 1989. 폐수배출시설 표준원단위 조사연구 (III), 국립환경연구원보, Vol (11).  
 49. 김우철 외, 1985. 현대통계학, 영지문화사.  
 50. 김철겸, 1999. 논에서의 유출 특성을 고려한 농업 소유역의 홍수유출 추정, 서울대학교 석사학위논문.  
 51. 심순보 등, 1994. 수질 종합 관리에 있어서 시스템 인터페이스를 위한 모듈 개발, G-7과제연구보고서.  
 52. 양영민, 2000. 의사결정지원기법을 이용한 농촌유역 수질관리모형의 개발, 서울대학교 석사학위논문.  
 53. 장정렬, 1994. 농촌유역 수질관리모형의 개발에 관한 연구, 서울대학교 석사학위논문.  
 54. 주경민외, 2000. Visual Basic Programming Bible Ver.6.x  
 55. Heinrichs, E. A., 1994. Biology and management of rice insects, Wiley Eastern Limited, New Delhi. 779.  
 56. M. S. Kang, C. E. Park, and S. W. Park, 1999. Real time forecasting and management of the youngsan estuary dam in Korea, 1999 ASAE/CSAE-SCGR Annual International Meeting.  
 57. Preston, S. D., Bierman, V. J., and Silliman, S. E., 1989. An evaluation of methods for the estimation of tributary mass loads, Water

- Resour. Res., in Canada, pp. 142-150.
58. Samson, F. B., and Fritz., L., 1996. Ecosystem management: selected reading. Springer-Verlag New York, Inc. 462.
  59. Storm Cloud Co. 1997. WebDBC v3.0 - JAVA-ODBC interface and Web database developer.
  60. Vladimir Novotny, Harvey Olem, 1994. Water Quality, Prevention, Identification, and Management of Diffuse Pollution, Van Nostrand Reinhold.