

## 웹 기반의 모형과 지리정보시스템을 이용한 통합적 수환경관리기법

문현생\* · 김준현\*\* · 김종철\*\*\*

국립환경연구원 기획과\*, 강원대학교 환경생물공학부\*\*, 강원대학교 토목공학과\*\*\*

### An Integrated Method for Water Environment Management Using Web Based Model and GIS

Mun Hyun-Saing\* · Kim Joon Hyun\*\* · Kim Chong-Chaul\*\*\*

Research Planning Division, National Institute of Environmental Research\*

Division of Environmental and Biological Eng., Kangwon National University\*\*

Dept. of Civil Eng., Kangwon National University\*\*\*

### Abstract

Since the middle of 1990s, in Korea a few researches on the optimal management technologies combining numerical model and GIS for the management of water environment in drinking watershed area and reservoir such as Paldang Lake have been carried out. In this study, the integrated water environment management system was been suggested to efficiently reflect the public awareness of the environment by integrating the web based distributed data collection system, GIS, public hearing system and water quality model. As all the components of the system have been developed using the World Wide Web and all data have been collected from the relevant agencies through the Internet, the water quality model could be implemented on the web directly. In consequence, the environmental geographic information in Paldang Lake could be acquired and analyzed through the Internet.

The system can rapidly respond to the public right to know on environment, so the public will willingly participate in the governmental projects on environment.

To verify the usability of the developed system, it has been applied to Paldang Lake. Especially when the web based model has been used, users can easily and confidentially get the prediction results by applying the minimum number of parameters for the water quality model.

This model will provide clearness and scientific bases in the process of water quality prediction for the sensitive sites where there are critical conflicts between the residents and the developers. In this study, rapid water environment management technique without spatial and time limit has been suggested, which can contribute to the efforts on the government and the public participation.

Keyword: Integrated Method, Environmental Management, Web GIS, Web Based Water Quality Model, Public Awareness

## I. 서론

1990년도 초에 환경분야에 도입된 지리정보시스템은 지역에 따라 환경정보가 매우 복잡하고 다양한 특성을 잘 반영하여 환경 각 분야에서 활발히 적용되었다. 지리정보시스템은 지난 10년간 환경분야에서 주로 원격탐사기법<sup>4)</sup>과 수질예측모형과의 결합<sup>1),3),6)</sup> 및 통합시스템<sup>2),5),9),10),11)</sup>을 중심으로 발전하였다.

최근 언제 어디서나 정보의 입력·검색·관리가 가능한 인터넷 기술이 크게 발전하면서 인터넷과 지리정보시스템 기술이 결합된 웹 지리정보시스템이 환경관리에 새롭게 등장하기 시작했다. 이미 미국, 영국, 캐나다에서는 기 구축된 데이터베이스 중에서 정보공개 효과가 큰 분야를 우선적으로 웹 지리정보시스템으로 구축하여 서비스<sup>12),13)</sup>하고 있으며, 일부 도시에서는 수질관리<sup>8)</sup>, 시설물 관리 등의 업무에 활용하고 있다.

국내에는 환경정보 공개서비스를 중심으로 웹 지리정보시스템을 활용하고 있으나, 아직 수질관리나 시설물관리 분야에는 활용되지 못하고 관련 연구<sup>7)</sup>가 진행되고 있다. 그러나 우리나라 전역이 이미 초고속네트워크 기반이 구축되어 있고 무선인터넷 기술이 급속히 발전하고 있기 때문에 웹 지리정보시스템을 이용한 환경관리시스템이 크게 발전할 것으로 판단된다.

또한, 최근 우리나라는 시화호, 새만금호, 영월댐과 같은 대규모 호수의 수질관리와 수질예측결과를 놓고 사업자와 주민들 간의 의견차이가 있었는데, 이는 환경문제에 NGOs와 국민들의 참여가 증가했음에도 불구하고, 수질관리기법이나 수질예측 방법이 기존방식 즉 사업자 중심의 추진 체계에서 발생된다고 사료된다. 따라서 이러한 문제를 해결하는 방법의 하나로 상호의견을 달리하는 사람들이 서로 접속하여 객관적으로 평가할 수 있고, 의견을 제시할 수 있는 웹 기반의 수질모형을 제시하였다. 이 시스템은 민감한 지역에

서의 상호이해를 증진하고 정보공개를 통한 검증의 기회를 넓혀줄 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구의 목적은 모든 사람이 쉽게 접근하여 원하는 환경정보를 자유롭게 검색하고 의견을 제시하며, 수질모형을 직접 수행할 수 있는 웹기반의 수환경관리시스템을 개발하고, 팔당호 관리에 적용하는 데 있다.

## II. 연구방법 및 내용

### 1. 대상지역 현황

연구대상 지역인 팔당호는 발전을 목적으로 1973년에 댐이 건설되면서 형성된 호소로 유입지류는 북한강, 남한강, 경안천이 있으며 체류시간이 2.5일로 물의 교환이 빠르게 일어나는 하천형 호수이다. 이 호수는 약 25백만명의 수도권 상수원이기 때문에 유역의 많은 부분이 상수원보호구역(157.3 km<sup>2</sup>, 1979. 7. 9)과 수질보전특별대책지역(2,102 km<sup>2</sup>, 1994. 7. 5)이 지정되었으며, 1999년에는 한강수계 상수원 수질개선 및 주민지원 등에 관한 법률이 제정되어 특별대책구역내에는 1km, 그 외에는 500m 까지 수변구역이 설정되었다.

그러나 이러한 특별관리에도 불구하고 북한강지류의 상수원보호구역 경계지점부터 상류방향 양쪽 강변에 숙박업소, 음식점이 증가하고 있으며, 최근 서종면 일대에 전원주택이 건설되고 있어 보다 철저한 환경관리가 필요하다.

### 2. 사용 S/W

웹 기반의 통합적 수환경관리시스템은 지리정보검색, 자료수집, 주민참여 및 수질모형으로 구성되어 있으며 모두 웹 기반으로 개발되었다. 이 시스템은 Windows 2000 server에서 운영되도록 개발되었으며, 전체적인 구성과 메뉴는 나모웹에 디터 5.0과 Visual Studio 6.0을 이용하였다.

도면정보구축은 ArcInfo 8.0과 ArcView 3.2a를, 웹 지리정보시스템은 ArcIMS 3.1을 이용하였다. 속성정보 구축은 MS-Access를 이용하였고, 웹 기반의 수질모형은 WASP 계열의 MFEMWASP 모형을 대상으로 개발하였다.

### 3. 모형 설계

#### 1) 통합적 모형

웹 기반의 시스템은 자료의 신속한 수집과 분배가 가능하며 언제 어디서나 접근할 수 있고 관련 정보의 통합이 용이한 특징을 가지고 있다. 통합적 모형은 이러한 웹의 특징을 최대한 활용하여 개발되었으며, 시스템 구성은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 사용자단, 미들웨어단, 서버단으로 구성되었다.

사용자단은 이용자가 인터넷으로 검색하고자 하는 명령을 전달하는 단계이고, 미들웨어단은

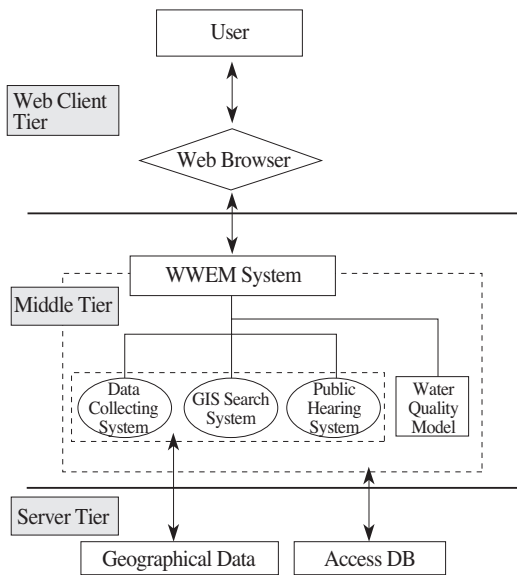


Fig. 1. Web based model for integrated water environment management system (WWEMS; Web Based Water Environmental System)

사용자가 이용할 수 있는 응용시스템으로, 본 시스템에서는 신속한 자료 업데이트를 위한 자료수집시스템과 관심있는 지역을 다양한 도면정보로 검색할 수 있는 지리정보 검색시스템, 관심있는 환경문제에 대해 의견을 제출할 수 있는 주민참여시스템, 그리고 간략한 변수들만을 입력하고 수질예측을 할 수 있는 수질모형으로 구성되어 있다. 그리고 서버단은 GIS 도면정보와 환경정보가 데이터베이스로 서버에 구축되어 있어 정보요청에 따라 적절히 제공된다.

#### 2) 웹 지리정보검색시스템 구축 모형

웹 지리정보시스템은 활용목적에 따라 서버중심, 클라이언트 중심, 클라이언트-서버 분산으로 개발환경이 달라지게 되는데, 본 연구에서는 기관에서 구축된 정보를 일반 이용자에게 서비스하는 정보공개에 중심을 두었기 때문에 서버중심으로 개발하였다.

Fig. 2는 ArcView GIS에서 구축된 도면 정보를 웹 GIS 전문엔진인 ArcIMS에서 서비스하는 방법

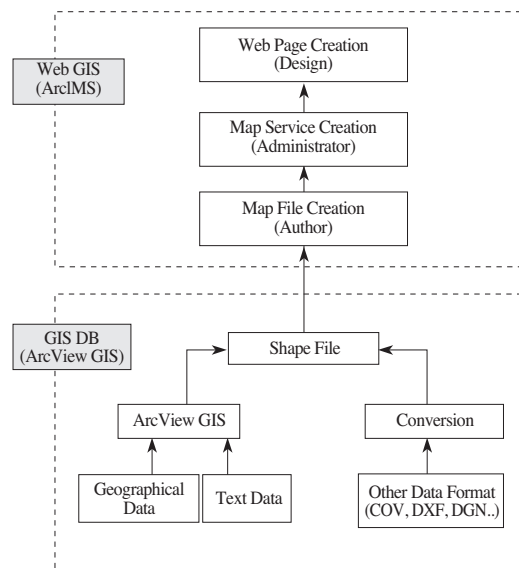


Fig. 2. Construction method for web GIS search system

을 설명한 것이다. 웹 GIS 시스템을 구축하기 위해서는 먼저 도면 정보를 구축하여야 하는 데, ArcView GIS에서 만들어진 shape 파일은 바로 이용할 수 있지만, 다른 파일형태(cov, dxf 등)들은 shape 파일로 변환하여야만 한다. 다음 단계로 ArcIMS의 3단계를 거쳐야 인터넷으로 도면정보를 서비스할 수 있는 데, author는 지도서비스를 위해 도면 선정과 심볼 등을 정의하고, administrator는 도면정보 서비스를 위한 웹 환경 설정단계이며, design은 ArcIMS viewer와 GIS 기능을 이용하여 웹 사이트를 만드는 과정이다.

### 3) 웹 기반의 수질모형

기존에 국내에서 개발되어 사용하고 있는 네트워크를 이용한 서버-클라이언트 수질모형은 사용자가 간단한 정보만을 입력시키고 결과를 빠른

시간내에 알아볼 수 있는 장점을 가지고 있으나, 사용자와 사용장소가 제한되고 사용자가 주어진 변수 이외에 추가로 변수를 조작할 수 없는 단점이 있다.

본 연구에서는 이러한 불편함을 해결하고자 사용자 중심으로 웹 기반의 수질모형을 개발하였는데, 이 시스템은 사용자와 사용장소에 영향을 받지 않고 사용자의 능력에 따라 변수를 수정할 수 있으며, 동시에 여러 명이 사용을 해도 서버에 부하를 주지 않는 장점이 있다. Fig. 3은 개발된 수질모형으로 사용자가 변수입력을 위해서 입력화면 생성을 선택하면, 간단한 입력파일(D1, D3)이 서버에서 사용자 PC로 다운로드 되고, 작성이 끝나 실행을 선택하면 실행파일을 서버에서 다운로드 된다.

이 실행파일에 입력파일명을 입력하고 실행하

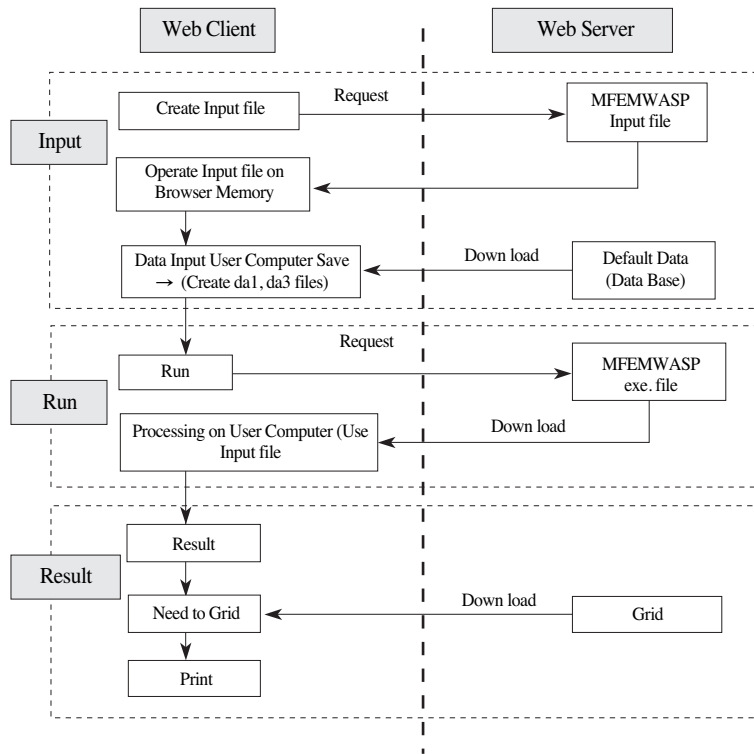


Fig. 3. Model for web based water quality simulation

면 결과를 사용자 컴퓨터에서 볼 수 있다.

#### 4) 주민참여시스템과 자료수집시스템

최근 우리나라는 댐검설, 매립지 조성 등 국가에서 추진되는 사업이 주민의 반대로 사업추진이 중단되는 사례가 많이 있었는데, 이는 국민과 NGOs가 국가정책에 적극 참여하고 있기 때문에, 정책의 투명성과 상호이해가 증가해야 함을 의미한다. 따라서, 수질관리에도 주민과 일반국민의 의견을 적극 수용할 수 있는 시스템이 필요한데, 이는 행정부서에서 운영하고 있는 사이버민원과 같은 제도로 지역환경 문제와 관심사에 대하여 인터넷을 통해 주민의견을 제출하고 그 결과를 공개시키거나 메일로 개인에게 회신하는 시스템이다.

자료수집시스템은 통합시스템의 DB를 신속히 갱신시키는 시스템으로 기존의 자료생산 기관으로 다른 형태의 자료를 받아 변환하는 작업과 다시 입력하는 노력을 줄여준다.

### 4. 통합적 수환경시스템의 팔당호 적용

개발된 웹 기반의 통합적 수환경관리시스템이 정부기관과 NGOs, 일반국민들의 관심이 집중된 즉 환경적으로 민감한 지역에 적절히 사용될 수

있는 지를 평가하기 위해 팔당호를 대상으로 적용하였다.

## IV. 연구결과 및 고찰

### 1. 통합적 시스템 개발

본 연구에서 개발된 웹 기반의 통합적 수질관리 시스템은 Fig. 4에서 보는 바와 같이 자료수집, 지리정보검색, 주민참여 및 수질모형으로 구성되었으며, 이 시스템은 웹 기반에서 모두 운영되므로 공간적·시간적 제한을 받지 않기 때문에 정보이용 범위가 일반 사용자까지 확대되었다. 각 시스템에 대한 세부 설명은 아래에 자세히 서술되었다.

#### 1) 자료수집시스템

자료수집시스템은 웹 GIS 검색시스템과 수질모형의 자료를 신속히 갱신할 수 있기 때문에 팔당호 환경관리와 같이 여러 기관이 서로 관련되어 상호자료를 교환하는 경우 매우 효과적일 것으로 판단된다. 이 시스템은 자료 소유권을 가지고 있는 해당기관에서 직접 입력시킴으로 자료 소유권에 대한 논란과 자료변환 및 재입력하는 데 소요되는 노력을 크게 줄일 뿐 아니라, 입력장소에 구애받지 않지 않는다. 그러나 이 시스템이 안정적



Fig. 4. Main page of integrated water environment management system



Fig. 5. Input of environmental data in Kwangju-Kun office through web

으로 유지되기 위해서는 사용자에게 대한 접근제한 범위의 설정과 시스템보안이 수반되어야 한다.

Fig. 5는 팔당호 환경관리와 관련이 있는 광주군청에서 인구, 가축사육현황, 오염 발생량 등을 입력하는 화면이다.

## 2) 지리정보검색시스템

이 시스템은 정부나 기관에서 정보공개를 위해 구축한 시스템으로 일반 이용자는 인터넷을 통하여 환경주제도를 선택하거나 중첩하여 관심지역의 환경정보를 쉽게 알 수 있다. 또한 이 시스템은 이용자 스스로 공간적인 비교가 가능하므로 환경의식 고취에 기여할 것으로 판단된다. Fig. 6, 7은 팔당호지역에 구축된 지리정보검색시스템을 이용하여 행정구역도, 상수원보호구역도, 하천도를 기본도로 하고 정수장의 현황과 수질측정지점을 검색한 화면이다.

현재 정부에서는 매년 매체별로 환경정보시스템을 구축하고 있는 데, 개발된 시스템 중 공공성이 큰 항목을 웹 지리정보검색시스템으로 구축할 경우, 정보공개 요구를 충족시켜 줄 수 있을 뿐 아니라 환경정책의 투명성을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

그러나 이 시스템에서 알 수 있듯이, 웹 GIS 검색시스템은 행정구역도, 수계도 등의 기본도와 수질측정지점, 간이축산폐수시설 등의 많은 환경주제도가 하나의 화면에 배치하게 되기 때문에 관련

정보들을 적절히 배치하여야 이용자의 혼란을 방지할 수 있다.

## 3) 수질모형

웹 기반에서 실행되는 MFEMWASP 모형은 40개 이상의 입력변수가 필요하나, 많은 사용자가 비모형전문가인 업무담당자나 환경단체, 일반국민일 것으로 판단되어 모형입력자의 요소와 격자점, 유속 및 모델링 항목에 대한 반응계수는 미리 디폴트로 제공하였다. 사용자는 모의시간, 수치해석 시간간격, 출력시간, 모델링 항목, 수심, 포화용존 산소요구량, 수온, 신규 오염원에 대한 점오염원 부하량, 경계조건에 자료 등의 변수들을 변경하여 모델을 실행시킬 수 있으며, 원하는 경우 서버에서 제공되는 디폴트 값을 그대로 이용할 수 있다. 그러나, 수질모형은 대상하천별로 반응계수가 달라지게 되므로 개발된 시스템을 다른 하천에 적용하기 위해서는 그 하천의 반응계수와 격자망 구성 등을 새롭게 설정하여야 한다.

Fig. 8은 웹기반의 수질모형의 초기화면으로 수질모형을 실행하기 위해서는 입력파일 생성을 선택하는 화면이며, Fig. 9는 입력파일의 예로서 이용자가 입력파일내의 변수들을 입력하면 FORTRAN 형식으로 변환되어 저장된다. Fig. 10은 실행파일에 입력파일명을 입력하여 모형을 실행시킨 것이다.

이 웹 기반의 수질모형은 이해 당사자가 서로

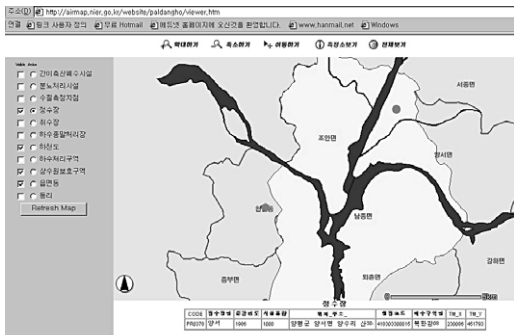


Fig. 6. Search of water collection points using web GIS

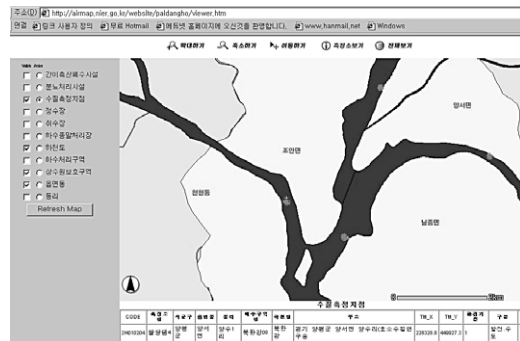


Fig. 7. Search of water monitoring point using web GIS

수질모형을 실행시켜 볼 수 있기 때문에, 새만금 호, 시화호 등과 같이 환경적으로 민감한 지역의 수질모형 결과에 대한 신뢰성과 투명성 확보에 유용한 시스템이 될 것으로 판단된다.

그러나, 이 시스템은 웹 기반의 초기모형이기 때문에 사용자의 능력에 따라 수질모형을 실행할 수 있는 선택기능과 사용자의 검증을 통해 인터넷 페이지의 지속적인 개선이 필요하다.

#### 4) 주민참여시스템

환경관리는 주민들의 적극적인 관심과 참여로 그 실효성이 증가되기 때문에 지역환경문제에 대해 주민에게 정보를 제공하고 적극적인 참여를 유도하는 제도적인 방안이 필요하다. 개발된 하

나로 인터넷을 통한 주민참여시스템은 이에 적합한 시스템으로 시간적, 경제적으로 매우 효과적이다.

Fig. 11은 북한강 유역의 상수원보호구역 경계 지점에서 무분별하게 개발되고 있는 전원택지에 대해 주민의견을 수렴하는 시스템이다. 팔당호의 경우 상수원 수질보전을 위해 인터넷을 통한 폭넓은 주민의견 수렴과 감시체계를 구축해야 한다

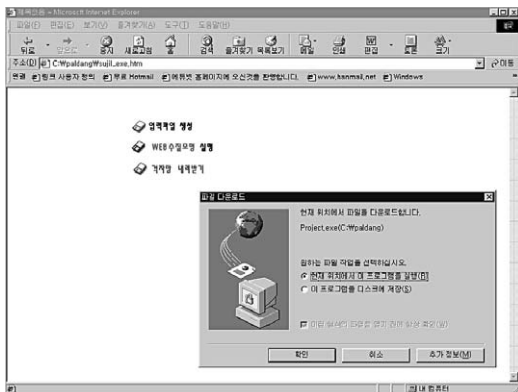
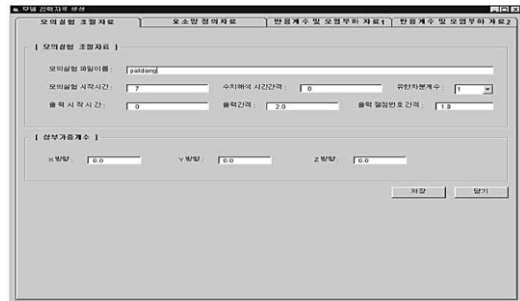


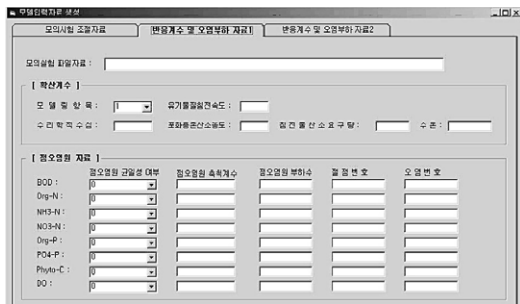
Fig. 8. Intro page of web based water quality model



Fig. 10. Execution page of MFEMWASP on client memory



a) Input Page #1



b) Input Page #2



c) Input Page #3

Fig. 9. Input page of MFEMWASP on client memory

## 2. 통합적 수환경관리시스템의 팔당호 적용

개발된 시스템이 환경적으로 민감한 지역에 적절히 적용되는 가를 평가하기 위해 업무담당자가 팔당호 관리에 적용한 경우를 사례로 하였다. 현재 북한강 지류의 서중면 일대에 전원택지가 건설되고 있는데, 이 지역을 웹 지리정보검색시스템을 이용하여 검색하여 보면, 지리적으로 팔당호상수원 경계지역에 위치하고 있으며, 현재 수변구역으로 지정되어 있고, 하류방향 5km 지점에 양서정수장이 위치하고 있어 환경적으로 매우 민감한 지역임을 알 수 있다.

따라서 정수장 수질의 안전을 위해 작업시 건설장비 연료의 철저한 보관과 강우시 토사유출을 대비한 오일펜스나 오탁방지막의 설치가 필요한 것을 알 수 있다. 또한, 이 지역은 현재 하수미처리지역에 해당하므로 양수정수장 수질에 영향을 주지 않도록 합병정화조를 이용한 처리방법과 하류방향의 인근에 위치한 양서하수처리장 또는 국수하수처리장에 연결하여 처리하는 방법 등이 검토하여야 한다.

그리고 현재 인근의 수질오염도를 지리정보검색시스템으로 검색하여 보면, BOD 1.5mg/l, NH<sub>3</sub>-N 0.199mg/l, NO<sub>3</sub>-N 0.320 mg/l, PO<sub>4</sub>-P 0.01mg/l로 2등급 수질로 양호한 상태임을 알 수 있다.

그러나 전원택지에 입주가 완료되면 수질오염도가 증가될 가능성이 있으므로 수질측정망 통해 지속적으로 모니터링을 하여야 하며, 그 결과를 인터넷에 공개하여 환경단체와 국민들의 관심을 유도하여야 한다. Fig. 12는 입주인구를 대상으로 수질모형을 수행하고 결과를 지리정보시스템을 이용하여 수질예측 결과를 나타낸 것이다.

개발된 통합적 수환경관리 시스템은 최근 국내에서 논란이 되었던 영월댐, 시화호, 새만금호 사업과 같이 개발과 보전이 민감하게 대치된 지역에 적용한 경우, 환경관리의 투명성과 과학적인 근거 확보에 크게 기여할 것으로 보인다.

## V. 결론

1. 웹 기반의 자료수집시스템, 지리정보검색시스템, 수질모형 및 주민참여시스템으로 구성된 통합적 수환경관리시스템을 개발하였는데, 이 시스템은 국민의 알권리 충족과 환경정책의 투명성 제고에 효과적이다.

2. 팔당호와 같이 국민들의 관심이 집중된 지역에 웹 기반의 통합적 수환경관리시스템을 적용할 경우, 환경정보의 적극적인 공개와 더불어 주민의견을 적극 수용할 수 있기 때문에 환경관리에 주민들의 적극적인 참여를 유도할 수 있었다.



Fig. 11. Page of public hearing of environmental interesting area

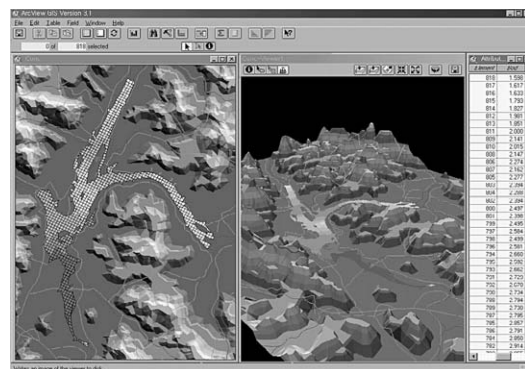


Fig. 12. Modelling results of BOD using web model in Paldang Lake



3. 웹 지리정보검색시스템은 대상사업의 주변 토지이용 현황, 오염도 및 오염원 현황을 파악하는 데 유용하였으며, 웹 수질모형은 개발사업으로 인한 영향예측을 편리하고 신속하게 수행할 수 있었다.

4. 웹기반의 수질모형은 사업자와 주민이 이해 관계가 얽혀 있는 환경분쟁 지역에서 개발사업의 현황과 수질모형의 수행과정 및 변수들을 공개함으로써 개발사업이 환경에 미치는 영향에 대해 객관적으로 평가할 수 있는 것으로 나타났다.

## 사 사

본 연구는 1998~2000년도 국립환경연구원의 G7 연구사업(공공기반기술개발과제, “통합 환경관리 시스템의 개발 및 적용”)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사를 드립니다.

## 참고문헌

1. 김준현, 한영한. 2001. 전산모형 및 공간정보시스템을 결합한 지하환경관리시스템의 개발 및 적용, 한국환경영향평가학회지, 10(2): 99~108.
2. 김준현, 한영한, 최윤정. 1998. FEMWASP 모형 및 ArcView를 결합한 통합적 환경영향평가 모형의 개발 및 적용, 한국환경영향평가학회지, 7(2): 65-70.
3. 김혜영, 정태섭, 김종국. 2000. GIS를 이용한 새만금 유역의 수질관리 시스템 구축을 위한 연구. 대한환경공학회지, 22(8): 1503-1512.
4. 문현생 등. 1995. 인공위성자료를 이용한 환경영향평가, 토지이용변화를 중심으로, 환경영향평가, 4(2): 23-28.
5. 이인수, 이규석. 1999. GIS와 RS를 이용한 목현천 수질관리 정보체계, 한국환경영향평가학회, 8(4): 1-12.
6. 정동일. 1999. 오염부하의 공간적 유출과정 해석, 수질개선시스템의 개발에 대한 국제세미나집: 32-42.
7. 한영한. 2001. Web 기반의 환경관리를 위한 범용적 편미분방정식 해석 모형의 개발, 강원대학교 박사학위논문.
8. Anne, M. M. and I. I. Peter. 2000. Water Quality Standards GIS Review Implementation : Moving from a Static Website to a Web-base GIS, ESRI User Conference Workshop Proceeding, [Http://www.ESRI.com](http://www.ESRI.com).
9. Ashton, P. *et. al.*, 1995. Water Quality Management in the Crocodile River Catchment, Eastern Transvaal, South Africa. Water Sci Technol 32: 201-208.
10. Lovejoy, S. *et. al.*, 1997. Watershed Management for Water Quality Protection: are GIS and Simulation Models. J. Soil Water Conserv. 52: 103.
11. Pearson, M. and S. Wheaton. 1993. GIS and Strom Water Management, Civil Eng. 6(9): 63-72.
12. 미국 수질관리 웹 GIS ([Http://www.epa.gov/enviromapper](http://www.epa.gov/enviromapper)).
13. 일본 수질측정망 웹 GIS([Http://www.nies.go.jp/japanese/nies-db/water](http://www.nies.go.jp/japanese/nies-db/water)).