

GIS 하천수질정보를 활용한 수질모델링 시스템 개발

○ 엄명철*, 임종완*, 이광야*, 김계현**

요 약

본 연구는 유역 수질의 효과적인 관리와 수질 모델의 효율적인 활용을 위하여 GIS를 기반으로 수질 모델과 지형 및 문자 데이터베이스를 통합한 모델링 시스템(Water Quality Management System)을 개발하고 전라북도 내 동진강에 대해 적용하였다. WQMS는 DOS 기반의 수질모델이 가지는 복잡성과 결과해석의 불편을 최소화하기 위하여 윈도우 기반의 하천모델을 운용하기 위한 시스템을 구축하고, 나아가 GIS 기반의 사용자에게 보다 편리한 모델링 환경을 제공하도록 설계되었다. 개발된 시스템의 구현 단계는 전처리와 모델링 실행, 후처리의 세단계로 구분될 수 있다. 전처리단계는 DB에 의해 모델실행을 지원하며 후처리 단계에서는 GIS를 이용하여 모델실행 결과를 그래프와 속성자료로 확인할 수 있도록 하였다. 또한 실측자료를 활용하여 WQMS의 적용성을 평가한 결과 신뢰성이 높게 평가되었다. WQMS는 기존 DOS 기반의 모델링의 복잡성을 제거하고 정도 높은 수질분석을 수행하므로써 효율적인 유역 수질관리에 필요한 기본자료를 제공할 것으로 기대된다.

1. 서 론

하천의 수질관리는 유역의 오염원을 정확히 파악하여 수계에 유입된 오염물이 하천 내에서 작용되는 물리, 화학, 생물학적 자정작용과 하천의 수량변화를 모델링을 통하여 규명함으로써 이루어진다. 따라서 하천수질모델링의 궁극적인 목적은 신뢰성 높은 수질 모델을 이용하여 목표수질을 유지·달성하기 위하여 오염부하량의 분배나 규제를 보다 합리적으로 수행하는데 필요한 대안을 제시하는데 있다. 본 연구는 유역 수질의 효과적인 관리와 수질 모델의 효율적인 활용을 위하여 GIS를 기반으로 수질 모델과 지형 및 문자 데이터베이스를 통합한 모델링 시스템(Water Quality Management System)을 개발하였다. WQMS의 수질모델은 국내 하천 수질분석에 여러번 적용된 바 있는 QUAL2E(미국EPA, 1995) 모델을 적용하였다.

* 농업기반공사 농어촌연구원 새만금연구실

** 인하대학교 지리정보공학과

그러나 QUAL2E 모델은 DOS 기반에서 실행됨으로써 모델 실행시 과정이 복잡하고, 모델 결과를 분석하는데 많은 어려움이 발생되었다. 따라서 본 연구에서는 이러한 어려움을 최소화하기 위하여 윈도우 기반의 하천모델을 운용하기 위한 시스템을 구축하고, 나아가 GIS 기반의 사용자에게 보다 편리한 모델링 환경을 제공하도록 설계하였다.

적용 대상하천은 전라북도내 동진강으로 모델의 입력자료는 조사된 점 및 비점오염원 으로부터 오염부하량과 유입농도의 산정에 의해 자동 생성되도록 하였다. 개발된 시스템 의 구현 단계는 전처리와 모델링 실행, 후처리의 세단계로 구분될 수 있다. 전처리단계는 DB에 의해 모델실행을 지원하며 후처리 단계에서는 GIS를 이용하여 모델실행 결과를 그 래프와 속성자료로 확인할 수 있도록 하였다. 또한 실측자료를 활용하여 WQMS의 적용 성을 평가한 결과 신뢰성이 높게 평가되었다. WQMS는 기존 DOS 기반의 모델링의 복 잡성을 제거하고 정도 높은 수질분석을 수행하므로써 효율적으로 유역 수질관리에 필요 한 기본자료를 제공할 것으로 기대된다.

2. 하천수질 모델

본 연구에서 사용한 하천수질모델인 QUAL2E는 유량, 오염부하량, 수온 등의 평균치를 사용하여 일평균 수질을 예측한다. 모델에 사용되는 하천 수계는 수리학적 특성이 유사한 대구간(Reach)으로 나누고, 대구간은 계산요소(Element)로 이루어진다. 계산요소는 물질 수지의 형태에 따라 상류수원 요소, 기본표준요소, 합류점 직상류 요소, 합류점 요소, 최종지점 요소, 유입요소, 유출요소 등이 있다. 모델에서 계산가능한 수질항목은 <표 1>에 서 보는 바와 같이 총 19개의 항목으로 구성된다. .

<표 1> QUALKO에서 계산 가능한 수질 항목

Num	Water quality item	Num	Water quality item
1	Temperature	11	Total Nitrogen
2	Conser-Constituents	12	Total O-Phosphorus
3	Dissolved Oxygen	13	Dissolved Phosphorus
4	BOD5	14	Total Phosphorus
5	COD	15	R/R-Ratio
6	TheBOD	16	BOD
7	Total O-Nitrogen	17	Algae growth rate
8	Ammonia	18	Non-living O-N
9	Nitrite	19	Non-living O-P
10	Nitrate		

3. 내용 및 방법

WQMS의 하천수질모델의 적용 대상유역은 전라북도 소재의 동진강이다. 대상하천의 분할은 <표 2>에서 보는바와 같이 한 개 element의 길이는 500m로 하였으며 reach수는 17개이며, 총 element 수는 54개이다. 점오염원은 37개이며 하천의 길이는 27.0km이다.

<표 2> 대상하천의 분할

구분	D 하천
element당 길이	0.5km
element 수 (길이)	54 (27.0km)
reach 수	17
point source 수	37
지류수	2
dam 수	6

Dam이 존재하면 일반적으로 dam을 경계로 reach를 분할하는데 dam의 높이와 dam 위로 물이 모두 흐르는 것으로 보아 보를 dam으로 표현한 것으로 생각된다. <표 3>에는 유입지천별 보의 제원 및 특성이 요약되어 있다.

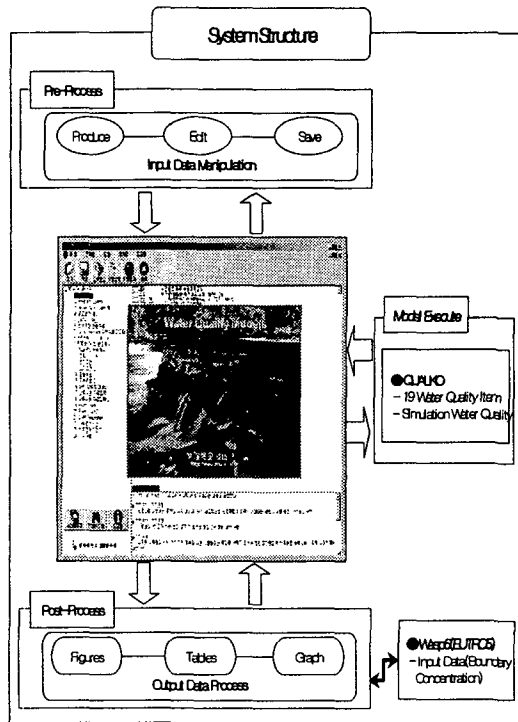
<표 3> 동진강의 보 제원 및 특성

구분	reach 번호	댐아래 element	수질정도	dam 높이(m)
동진강	1	1	깨끗한 상태	1.5
	3	1	약간 오염된 상태	1.5
	5	1	약간 오염된 상태	2.7
	7	1	약간 오염된 상태	2.5
	8	2	약간 오염된 상태	1.5
	8	5	약간 오염된 상태	1.5

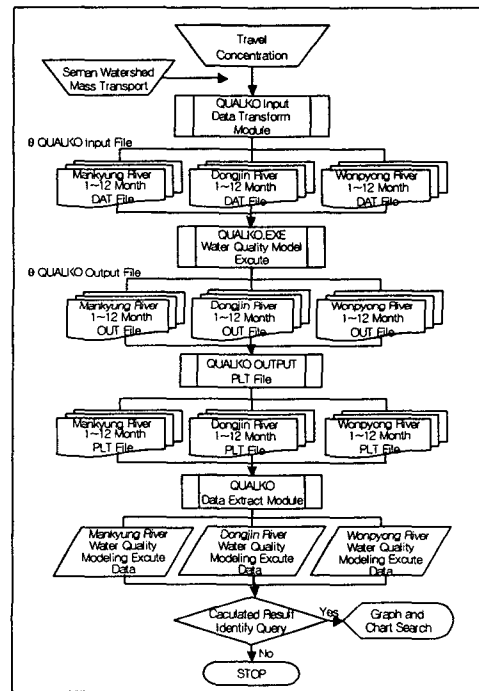
본 연구에서 적용한 하천수질모델링 시스템의 과정은 크게 세 단계로 구분하였다. 우선적으로 하천수질모델링 전처리단계와 하천수질모델링의 실행단계, 그리고 하천수질모델링의 후처리단계로 구분하여 시스템을 개발하였다. 전처리 단계에서는 QUAL2E 모델 입력 자료의 생성 및 편집할 수 있다. 모델실행단계에서는 QUAL2E 모델을 실행하였으며, 후처리단계에서는 GIS와 연계하여 모델실행 결과를 확인할 수 있도록 하였다.

GIS와 모델링의 연계 방식은 크게 세가지로 구분된다. 임시통합방식은 GIS와 환경

모델이 독립적으로 개발된 후 자료는 GIS에 의하여 추출되고 모델은 독립적으로 실행되며, 결과는 사용자의 판단에 의하여 분석된다. 부분통합 방식에서 GIS는 자료를 공급하고 모델의 결과를 처리하고 표현하는 기능을 한다. 완전통합 방식에서 모델은 GIS내에서 개발이 완료되고, GIS에 저장된 자료에 접근하고, 환경 모델링에 관련된 모든 작업이 하나의 인터페이스 환경 내에서 가능하게 된다. 본 연구에서는 GIS와 하천수질모델을 완전 통합시킴으로서 자료의 공간적 표현과 관리에 있어 보다 효율적으로 활용할 수 있게 하였으며, 하천에 유입되는 오염 농도 예측, 유역의 비점오염부하 파악 등이 가능하도록 하였다. 구축된 하천수질모델링은 효율적인 모델 활용을 위한 방안으로 사용자 인터페이스를 고려하여 입력자료 관리부분과 모델실행을 위한 도움말 기능을 설계하였다. 시스템 구조는 <그림 1>과 같다. 하천수질모델링 시스템 실행 각 단계의 자료 흐름은 <그림 2>와 같다.



<그림 1> WQMS의 구성

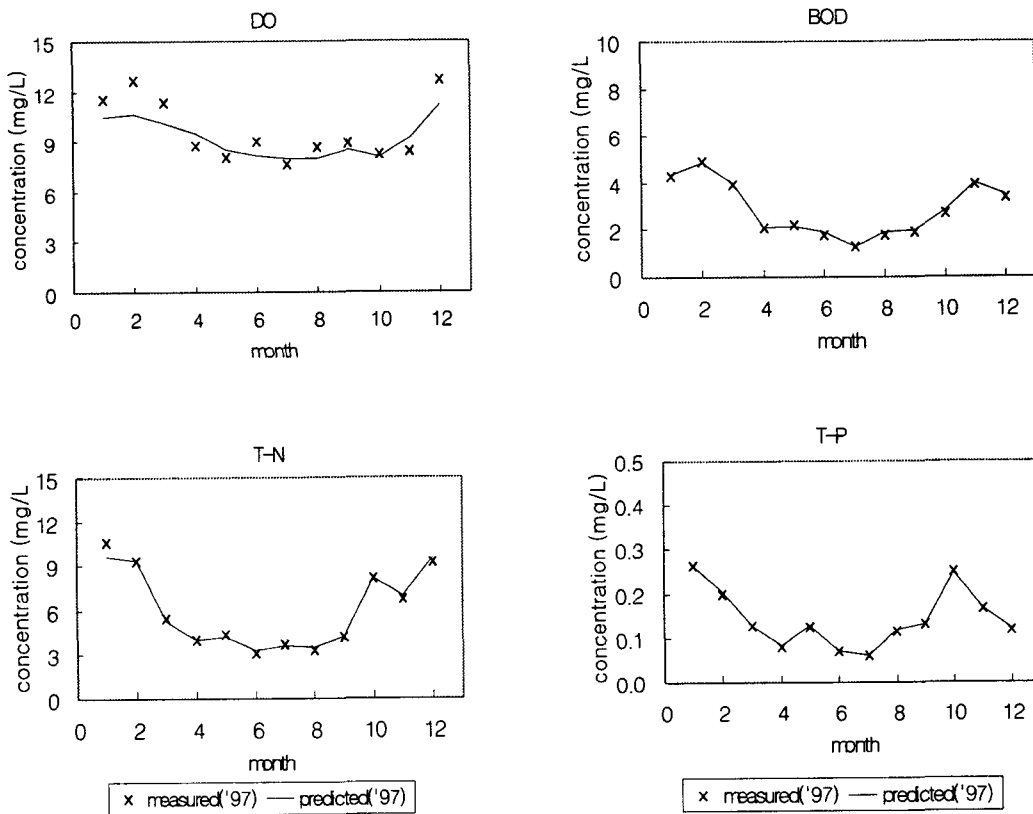


<그림 2> 수질 모델의 DFD

4. 결과 및 고찰

DOS 기반 모델의 단점은 입력자료의 생성 및 편집 단계, 모델실행 단계, 모델실행 결과 확인 단계가 각각 독립적인 과정으로 분리되어 있다는 것이다. 모델입력자료의 생성 및 편집은 *.dat 파일 포맷으로 텍스트 편집을 위한 별도의 응용프로그램에서 대상

하천의 모델 입력자료를 입력하게 된다. 생성된 파일은 하천수질모델(QUAL2E.exe)을 실행 후 입력파일을 입력하고, 출력과 도식파일을 순차적으로 입력 후에 모델이 실행되게 된다. 모델 실행 결과는 *.out과 *.plt 파일의 분석 과정을 통해 Reach별 수질항목을 추출하여 결과 자료를 *.dbf 파일을 생성하여 관리하였다. WQMS는 모델 입력자료의 생성 및 편집과 모델 실행, 모델링 결과 조회를 하나의 시스템에 통합시킴으로써 입력자료의 가공과 모델의 실행, 결과 조회가 일괄적으로 처리된다. 입력자료 가공 모듈에서는 트리모형을 이용하여 자료그룹별로 입력자료를 관리할 수 있게 하였다. 모델결과 도식 모듈에서는 모델실행결과 수질항목(19개)을 GIS기능을 이용하여 도형과 속성자료로 분리하여 각각 자동 도식 처리함으로써 모델결과 확인을 위한 추가적인 분석작업이 필요없도록 하였다. 따라서 모델에 대한 전문적인 지식이 없는 사용자에게도 효율적인 방법을 제공하여 하천의 수질관리에 있어 개선된 방법의 제공이 가능하였다. <그림 3>은 1997년에 동진강의 수질측정지점 중 최하류 지점인 동진제수문 지점의 보정결과를 나타내고 있다. 실측치와 예측치가 대체적으로 잘 일치함을 알 수 있었다.



<그림 3> 동진강의 1997년 월별 수질 보정

5. 결론

기존 하천수질모델의 주요 단점은 모델실행을 위한 복잡한 과정이 수반된다는 것과 모델실행 결과를 확인하기 위한 결과파일의 내용을 분석하는데 많은 시간과 노력이 소요된다는 점이다. 그러나 하천수질모델과 GIS가 유기적으로 통합됨으로써 모델실행을 위한 과정을 단순화시키고, 모델실행 결과를 확인하는데 있어 간편한 방법을 제공해 줌으로서 보다 체계적으로 모델입력자료를 관리하고, 효율적으로 하천수질모델링을 수행할 수 있게 되었다.

GIS와 하천수질모델링의 유기적 통합은 기존 수질 관리에 있어 단순 모델링 실행 결과의 수치에 의존함으로써 GIS를 통해 얻을 수 있는 지역의 특성 요소들에 대한 자원을 활용하지는 못하였다. 이러한 이유로 하천수질모델링의 결과는 충분히 만족할만한 결과를 얻지 못하고 있는 실정이다. 따라서 이러한 문제점을 보완하기 위하여 GIS와 하천수질모델링을 대등한 위치에서 두 모듈사이의 상호작용을 통한 자료의 추출과 가공, 저장, 모델링, 분석 과정으로 연결함으로써 하천수질모델링의 현실에의 기여도를 보다 높힐 수 있게 되었다.

하천수질모델 결과인 경계농도와 유량데이터는 호소수질모델의 입력자료로 사용된다. 간편한 하천수질모델의 활용은 하천의 수질을 보다 용이한 방법으로 관리, 개선할 수 있도록 지원하여 수질관리에 있어서 보다 개선된 효과를 가져올 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. "The Enhanced Stream Water Quality Models", United States Environmental Protection Agency
2. Brown, L. C., and Barnwell, T. O., The Enhanced Stream Water Quality Models QUAL2E and QUAL2E-UNCAS : Documentation and User Manual. EPA
4. Robert B. Ambrose, Tim A. Wool, James L. Martin. 2000. "Water Quality Analysis Simulation Program", United States Environmental Protection Agency
5. 농업기반공사 농어촌 연구원, GIS를 이용한 농업용수 수질정보관리시스템 구축(Ⅲ)(1999).
6. 농업기반공사 농어촌 연구원, 새만금유역 GIS 도입을 위한 환경자료 DB 구축(Ⅱ)(2000).
9. Chen, C.L, L.E. Gomez, C.W. Chen, C.M. Wu, J.J. Lin, and I.L. Cheng, 1995. "An Intergrated Watershed Management Model with GIS and Windows Application", The International Symposium on Water Quality Modeling, Orlando, Florida, pp. 251-262
10. Tim, U.S. and R. Jolly. 1994. "Evaluationg Agricultural Nonpoint-Source Pollution Using Intergrated Geographic Information Systems and Hydrologic/Water Quality Model". Journal of Enviromental Quality, pp. 25-35