하천유역 오염총량관리제 지원을 위한 수질모형

한건연 ▷▷
경북대학교 토목공학과 교수
kshanj@knu.ac.kr

박경옥 ▷▷
경북대학교 토목공학과 박사과정
kopark77@hotmail.com

1. 머리말

최근 환경부에서는 오염총량제를 통한 수질개선을 위해서 이제까지의 배출구 수질기준으로부터 총량수질기준을 통한 수질관리를 시행하고 있는 상황이다. 이를 위해서 주요지천 및 폐수처리장에서의 수질개선이 선행되어야 하는데 이를 효율적으로 제어하기 위해서 국내 하천 유역에 적합한 최적 수질해석 모형의 개발이 시급히 필요한 상황이다.

수질해석 모형의 가장 큰 목적은 하천 수질 및 생태계의 변화를 수학적 표현을 통해 장래의 수질변화를 예측하고, 예측된 결과에 따라 합리적인 수질관리 대책을 수립하는 것이다.

물 관리 종합대책에 의한 오염물질 총량규제에 대비한 수질 모형 확립이 가능하고, 유역 상·하류간 수질 분쟁에 대한 공학적인 대안제시를 통한 문제 해결 가능한 수질모델링 전략이 필요하다. 본 연구를 통해서 수질 전문가, 지역주민, NGO 관계자 등 모두가 동의·납득할 수 있는 정교한 수질해석결과 제시함으로써, 폐수처리장 및 주요지천에 대한 오염도를 효과적으로 규제하는 유역에서의 최적 수질관리 기법 제시하고자 한다.

또한, 국내 하천 유역특성에 적합한 수질모형의 확보함으로써, 오염총량제도 시행에 필요한 정교한 모델링 기술의 확보할 수 있고, 유역에서의 최적화된 수질관리를 통해서 새로운 "물 환경 문화" 조성 가능하다.

본 연구는 국내하천 유역특성에 적합한 수질해석을 위해 사용자편의시스템(GUI)를 개발하였다. 기존의 QUAL2E-Windows 모형이 Windows 98에서만 구동되었다는 단점을 극복하고 QUAL2E-Windows와의 차별화를 위해서 입출력자료의 일괄처리 기능, 하천의 단면자료와 유량자료 등을 이용한 수리해석 기능, 수리해석 결과에 의한 회귀식 산정기능, 검보정 기능의 자동화, 검보정 해석결과와 실측자료와의 각종 통계 분석 기능 등을 추가하였다. 또한 소스 코드를 확보하고 있어 필요할 경우 언제든지 갱신할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

2. 사용자 편의시스템(GUI)의 개발

본 연구에서는 기존의 QUAL2E 모형을 편리하게 수행할 수 있도록 사용자편의시스템(GUI : Graphical User Interface)인 QL2-XP모형을 개발하였다.

기존의 QUAL2E-Windows 모형이 Windows 98에서만 구동하였으나, 본 모형의 GUI는 Windows-XP를 비롯한 모든 환경에서 실행이 가능하다. 또한 기본의 QUAL2E- Windows와의 차별화를 위해서 다음과 같은 기능을 강화하여 새롭게 구축하였다.

(1) 입출력자료의 일괄처리 기능
(2) 하천의 단면자료와 유량자료등을 이용한 수리해석 기능

(3) 수리해석 결과에 의한 회귀식 산정기능
(4) 모형의 검보정의 자동화 기능
- 최적화기법
(5) 검보정된 해석결과와 실측자료와의 각종 통계 분석 기능
- 오차의 계산
- 상관식의 계산
(6) 그 외 사용자 요구에 따라 기능추가가 가능함

일반적으로 GUI는 사용자가 시스템을 원활히 사용할 수 있도록 시스템과 사용자간을 연결시키는 기능을 갖으며, 텍스트나 그래픽, 이미지, 비디오 및 음향 등과 같은 컴퓨터 미디어를 기반으로 쉽게 어떤 작업을 할 수 있도록 사용자의 편리성을 제공해 주는 장치이다.

본 연구의 GUI 시스템 개발에 사용된 언어는 객체지향 프로그램이며 편리한 Interface를 가지는 Visual C++이다. 이러한 장점을 가지는 Visual C++을 수행하기 위한 입력화일에 대한 정보를 GUI를 통해 생성하고, 출력화일의 생성 및 도시하는 기능을 수행하게 된다. 즉, GUI는 사용자로부터 적절한 형식의 모형 입력자료를 얻기 위하여 coding된 Visual C++를 실행하고, 생성된 입력문을 이용하여 수질모형을 수행하게 된다. 최종적으로 모형의 결과가 처리되고 GUI를 다시 Import되어 Graph나 Table로 나타내어지며 이와 같은 일련의 과정은 그림 1과 같이 도식화 될 수 있다.

먼저 풀다운 메뉴 및 아이콘 메뉴로 구성되어 초보자도 사용하기 쉽게 개발되었으며, 파일, 수리해석, 모형 수행 입력, 모형의 검보정, 결과확인, 도움말 등의 메뉴로 구성하였으며, 아이콘 메뉴는 입·출력에 필요한 각종 기능을 수행하는 아이콘으로 구성하였다. 그림 2는 본 연구에서 구축된 GUI의 개념도이다.

시스템을 실행하기 위해서는 사용자가 대화창을 통해 작업대상 구역 및 요소를 지정하고 메뉴에서 원하는 기능을 선택하면 열리게 된다. 여기서 모형 수행 시 필요한 Option 또는 매개변수를 사용자로부터 입력받고 Windows를 구성하고 있는 각 버튼의 명령

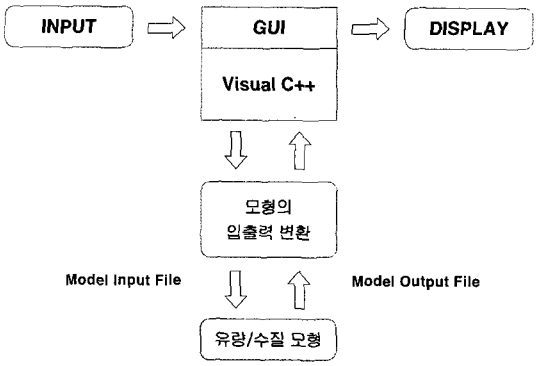


그림 1. 모형 연계 개념도

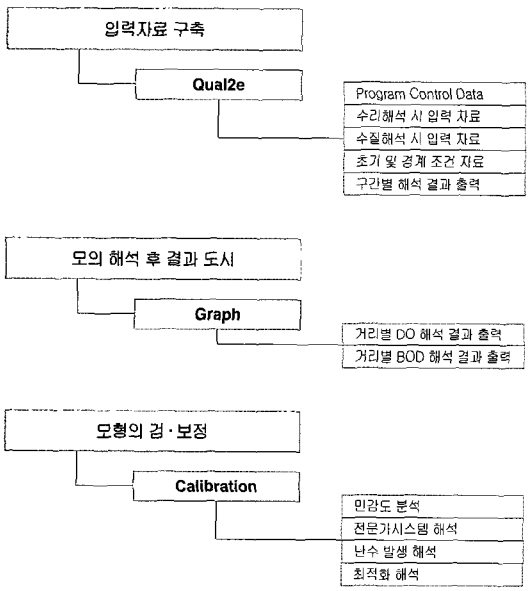


그림 2. 하천 수질모형을 위한 GUI 설계

에 따라 실행될 코드를 호출하여 입력값을 텍스트 파일로 저장되게 된다. 그 후 저장된 텍스트 파일은 모형의 입력문으로 구성되어 모형이 수행된다.

QUAL2E 모형과 관련된 하천 수질관리시스템은 크게 입력자료 구축 및 보정 부분과 결과출력 기능으로 나눌 수 있고, 입력자료 구축 및 보정은 최적화 해석에 의해 실행되고, 결과 출력은 속도 및 DO, BOD, T-N, T-P의 출력으로 구성되어 있다. 본 시스템에서 구축된 QL2-XP 모형의 GUI 기본화면은 그림 3에 도시하였으며 수행절차를 살펴보면 다음과 같다.

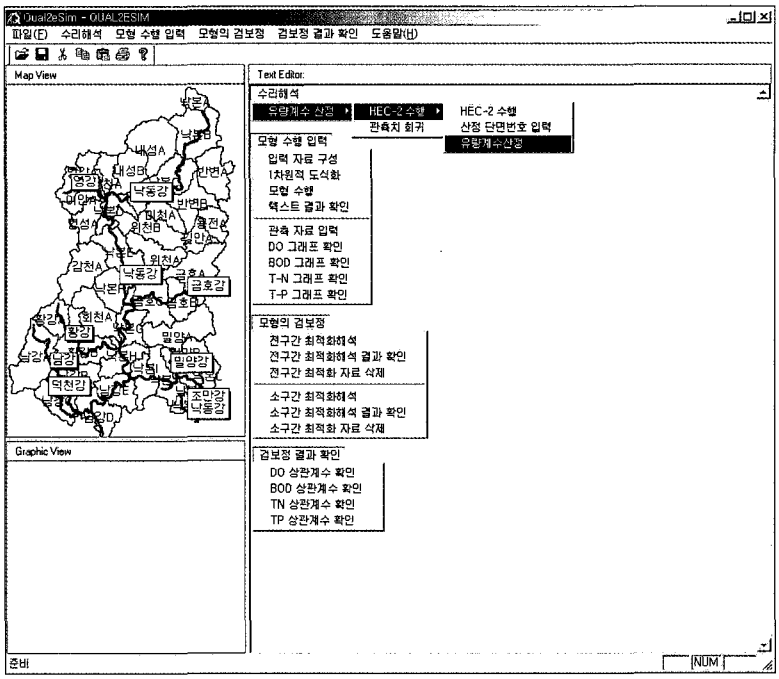
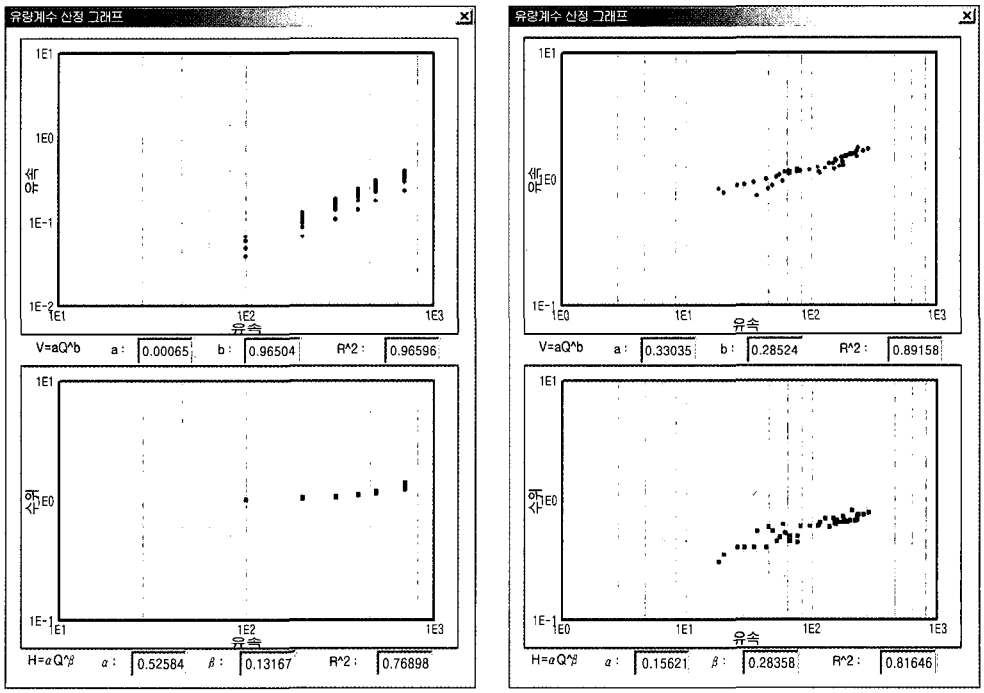


그림 3. GUI 시스템의 예



(a) HEC-2 연계 (b) 관측치 회귀 분석

그림 4. 유량계수의 산정

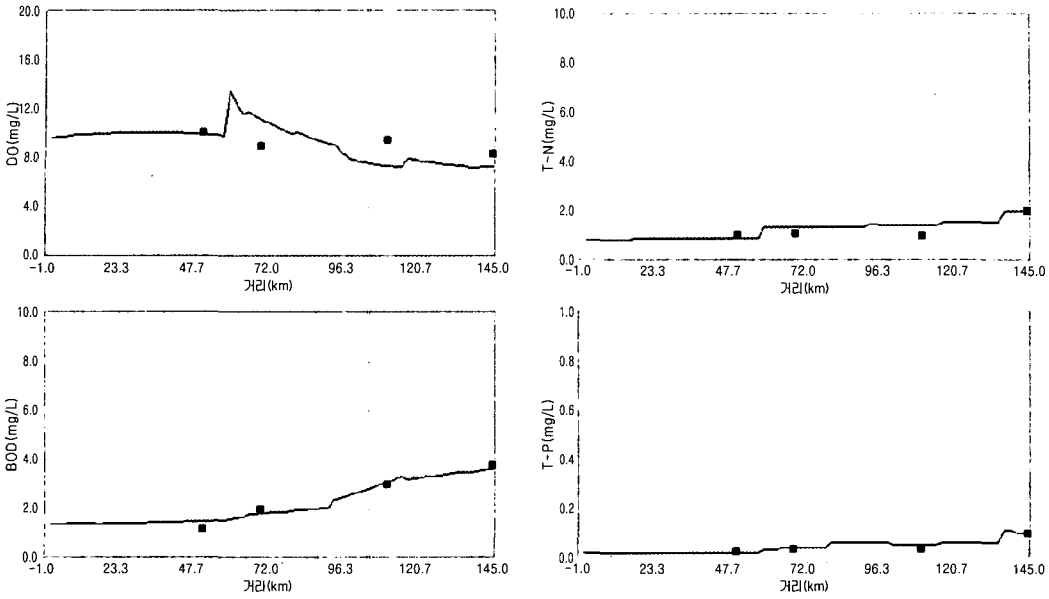
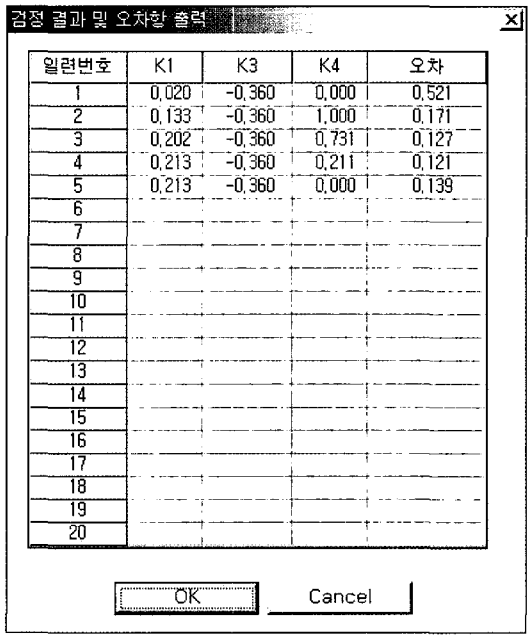


그림 5. 최적화 해석결과

3. 적용 예

본 모형을 해석하는 과정은 크게 수리해석, 수질해석, 검보정 과정으로 나눌 수 있다. 하도의 형상을 나타내기 위해서 일반적으로 유량계수를 사용하게 되는데 본 모형은 유량계수를 산정하기 위한 방법으로 두 가지를 채택한다. HEC-2 모형 실행을 통한 가상 유량에 대한 회귀 관계식 산정 방법, 대표단면 선정을 통한 관측치 회귀 방법이 그것이다. 두 가지 옵션 중 하나를 선택하여 유량계수를 선정하고 수질해석 절차를 거치게 된다. 그림 4는 유량계수를 선정하는 방법 두 가지에 대한 회귀 관계 산정 결과를 나타낸 그림이다.

그러나 BOD, DO, T-N, T-P의 농도에 상당한 영향을 미치는 반응계수 등의 불확실성 때문에 수질모의는 초기 실행부터 관측치와 유사한 결과를 기대할 수 없다. 그래서 통상 시행착오방법으로 반응계수의 값들을 수정하는 절차를 거쳐 관측치와 유사한 결과를 유도하게 된다. 이러한 절차를 간소화시키기 위해서 전구간 최적화, 소구간 최적화를 수행하여 관측치에 가까운 결과를 얻을 수 있게 된다. 하천유역에



일련번호	K1	K3	K4	오차
1	0.020	-0.360	0.000	0.521
2	0.133	-0.360	1.000	0.171
3	0.202	-0.360	0.731	0.127
4	0.213	-0.360	0.211	0.121
5	0.213	-0.360	0.000	0.139
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

그림 6. 최적화 검정결과 및 오차항 출력

대한 최적화 과정은 그림 5와 같다. 최적화 검정결과는 그림 6과 같고, 보정할 계수에 대한 수렴값과 오차항을 출력하게 된다. 관측치와 모의치 사이의 상관성

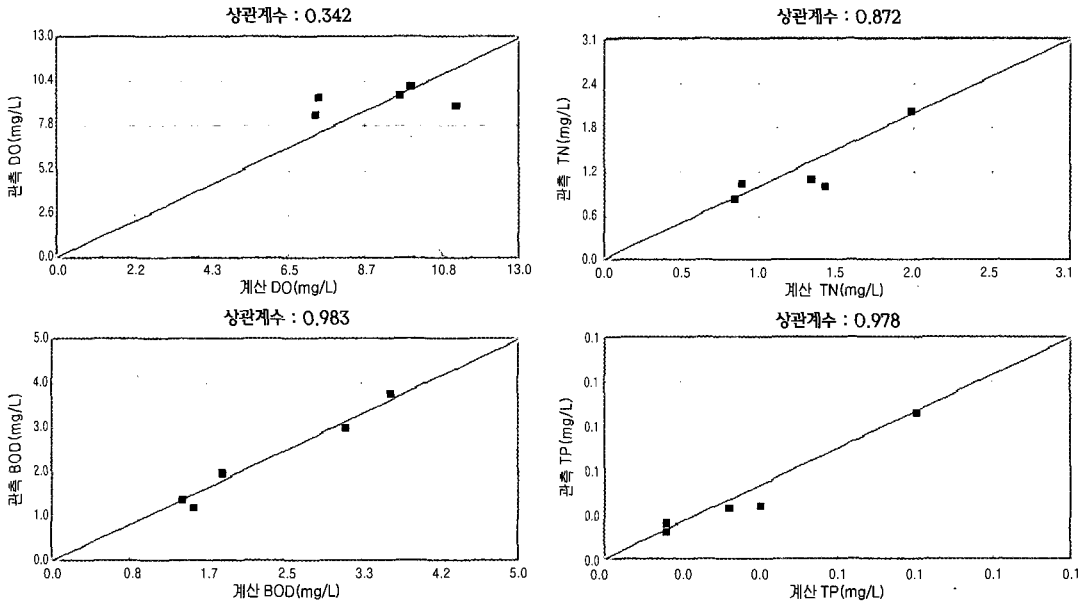


그림 7. 모형 검보정 및 상관계수

을 조사하기 위해서 상관계수를 확인하면 그림 7과 같은 대화창이 나타나게 된다.

본 모형은 모형 개발의 초기 단계로 GUI 개발을 목적을 둔 연구로 현장에 적합한 수질해석 프로그램이 병행되어 연구되어진다면 국내 주요 하천에서 보다 편리한 수질해석을 수행할 것이라고 사료된다.

4. 맺음말

기존의 QUAL2E 모형을 편리하게 수행할 수 있도록 사용자 편의 시스템인 QL2-XP모형을 개발하였다. 새롭게 개발된 GUI 시스템 내에는 입출력 자료의 일괄처리 기능, 하천의 단면자료와 유량자료 등을 이용한 수리해석 기능, 수리해석 결과에 의한 회귀식 산정 기능, 모형 검·보정 자동화 기능, 검·보정된 해석 결과와 실측 자료간의 통계분석 기능 등이 포함되어 있다. 수질관리시스템 구축을 위한 다양한 메뉴 구성 및 이를 통한 모의수행은 사용자 요구나 편의에 맞게 손쉽게 처리할 수 있도록 구성하였으므로, 실제적이고 효율적인 수질 관리를 위한 활용성도 매우 높을 것으로 사료된다. 향후 본 수질모형은 비정상상태의 유량 및 수질해석, 생태해석과 연계되어 체계적인 오염총량관리 지원모델로 발전할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 낙동강수계관리위원회·낙동강물환경연구소에서 시행한 환경기초사업에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

김상호, 한건연, 김원, 최흥식 (2002). "신뢰도 해석기법을 이용한 2차원 수질관리모형의 개발", 한국수자원학회논문집, 제35권, 제5호, pp. 463-474.

배덕효, 한건연, 최철관 (2002). "Avenue를 활용한 수질매개변수 추정 전문가 시스템 개발." 한국수자원학회논문집, 제35권 제2호, pp. 161-171.

한건연, 이을래 (2002). "한강 하류부에서 2차원 수질모형 개발 및 적용." 한국수자원학회논문집, 제35권, 제3호, pp. 261-274.

한건연, 이정식, 김상현, 김홍태 (1994). "낙동강 중류부에서의 확정론적 수질해석." 한국수문학회논문집, 제27권, 제1호, pp. 53-67.

한건연, 최현상, 김상호 (2002). "낙동강 유역에서의 확정론적 및 추계학적 수질해석", 한국수자원학회논문집, 제35권, 제4호, pp. 385-395.

한건연 (1994). "추계학적 해석기법에 의한 하천수질 관리." 대한토목학회지, 제42권 제1호, pp. 80-92.

한건연 (1999). "하천수질 모델링의 이론과 적용." 한국수자원학회지, 제32권 제1호, pp. 22-31

Brown, L. and Barnwell, T.O., Jr., (1987). The Enhanced Stream Water Quality Models QUAL2E and QUAL2E-UNCAS: Documentation and User Manual. EPA/600/ 3-87/007. US EPA.

Chapra, S.C. and Pelletier, G. (2003). QUAL2K: Documentation and Users Manual, US EPA.

Thomann, R.V. and Mueller, J.A. (1987). Principles of Surface Water Quality Modeling and Control, Harper and Row, New York.