

WASP 모형을 이용한 횡성호 수질해석

Water-Quality Analysis of Hoengsung Lake using WASP Model

김상호*, 조영제**, 김광수***, 오현욱****

Sang Ho Kim, Young Je Cho, Kwang Su Kim, Hyun Uk Oh

요 지

댐의 상류에서 유입되는 하천수는 상수원수의 수질농도와 직결되기 때문에 보다 심도 있는 수질관리가 필요할 것이다. 본 연구에서는 댐 상류에 위치한 저수지와 하천에서의 수질해석을 위해 WASP 모형을 사용하여 수질해석을 실시하였다. 대상구간은 강원도 횡성군의 남한강 제1지류인 섬강에 위치한 횡성댐 상류 계천의 매일수위국에서부터 횡성호 구간인 13.9km에 대해 적용하였다. 이를 위해 2005년 1월부터 2006년 6월까지 매일수위국을 비롯한 주요 지점에서 측정된 수질자료를 이용하여 WASP 모형에 대한 부정정 수질모의를 실시하였으며, 이를 실측자료와 비교하여 모형에 대한 정확성을 검증하였다. 또한 하천 수질해석에 널리 사용되는 QUAL2E 모형을 대상구간에 적용하여 WASP 모형의 모의결과와 비교하여 적용성을 검토하였다.

핵심용어 : 횡성댐, 수질해석, WASP 모형, QUAL2E 모형

1. 서 론

과거 1991년과 1994년 낙동강에서 수질오염사고가 발생한 이후 전국 주요 상수원과 사고 취약지역 등에 수질을 상시 관리할 수 있는 수질자동측정망을 단계적으로 설치하고 있다. 하지만 하천이나 저수지에 대한 평상시 수질 감시도 중요하겠지만, 오염사고가 발생하였을 때 댐 방류량 증가를 통한 오염물 농도의 희석이나 취수제한과 같은 응급대처를 위해서는 하천에서의 수질변화를 보다 정확히 이해하고 오염사고시 수질변화를 예측할 수 있는 수질모형의 개발과 활용도 매우 중요하다. 특히, 댐의 상류에 위치한 하천에서 저수지로 유입되는 하천수는 상수원수의 수질농도와 직결되기 때문에 보다 심도있는 수질관리가 필요할 것이다.

본 연구에서는 댐 상류에 위치한 저수지와 하천구간에서의 수질해석을 위해 WASP 7.2 모형을 이용하여 적용성을 검토하였다. 대상구간은 강원도 횡성군의 남한강 제1지류인 섬강에 위치한 횡성댐 상류의 계천과 횡성호에 대해 적용하였다. 본 연구에서 사용되는 WASP 7.2 모형은 호소/저수지, 하구부/만에서의 수질해석을 위해 개발된 모형으로써 그 결과를 QUAL2E 모형의 결과와 비교하였다.

* 정회원·삼지대학교 건설시스템공학과 부교수 ·E-mail : kimsh@sangji.ac.kr
** 정회원·현대기술개발 사원 ·E-mail : sollutioner@naver.com
*** 정회원·현대기술개발 대표이사 ·E-mail : wr3085@chol.com
**** 비회원·삼지대학교 건설시스템공학과 석사과정 ·E-mail : hearty100@hanmail.net

2. WASP 모형

수질해석 프로그램인 WASP는 최초로 Di Toro 등(1983)에 의해서 개발되었고, 현재까지의 다양한 적용을 통해서 수정·보완되었으며 1993년 WASP5 모형으로 발전된 이후, 현재는 WASP 버전 7.2까지 발전되었다. WASP 시스템은 1, 2, 3차원의 수역에 적용할 수 있도록 동수역학 모형인 DYNHYD와 부영양화를 포함한 일반적인 오염물에 대한 EUTRO 모형 그리고 독성물질에 대한 TOXI 모형으로 구성되어 있으며, 이들은 결합된 상태나 독립된 상태에서 수행될 수 있다. 그림 1은 WASP 7.2 모형의 구성도를 나타내고 있다.

동수역학 모형인 DYNHYD는 수체의 동수역학을 모의하고, 수질모형 WASP는 수체내에 오염물의 이동이나 상호작용을 모의한다. 이 경우에 DYNHYD가 동수역학적 계산결과를 오염물질과 독성물질에 대한 모의를 수행할 수 있는 WASP로 넘겨주게 되는데, 다른 동수역학적 프로그램들에 의한 결과도 WASP 모형과 연계 운영될 수 있다.

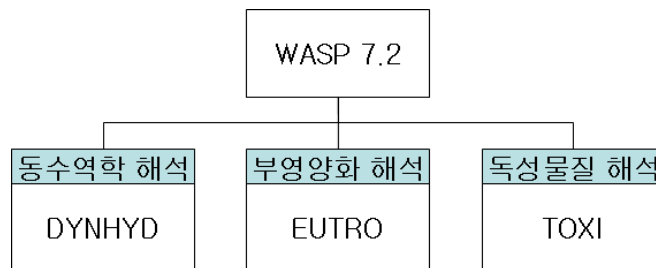


그림 1. WASP 7.2 모형의 구성도

3. 대상유역에 대한 적용

3.1 WASP 7.2 모형의 구축

본 연구대상은 그림 2에서 보는 바와 같이 횡성댐 상류 계천의 매일수위국에서 횡성댐까지 약 13.9km를 대상구간으로 선정하였으며, 대상구간에 대한 하상자료는 횡성댐 수리검토용역 보고서(횡성군, 2000)와 계천 하천정비기본계획 보고서(강원도, 2000)를 참고하였다. 대상구간에 대한 WASP 모형의 적용을 위해 대상구간을 수심과 단면적, 확산계수 등 수리학적 특성이 유사한 구간으로 구분하여야 한다. 이를 위해 HEC-RAS 모형을 이용한 수리해석 결과를 토대로 그림 2와 같이 18개의 구간으로 구분하였다. 이들 구간은 수리/수질 특성이 완전히 혼합된 반응기로 고려되며, 수질의 입력이 가능한 곳을 경계로 설정하였다. 대상구간에 대한 저층수 및 하상저층에 대해서는 자료의 입수가 어렵기 때문에 표층수만을 고려하였다.

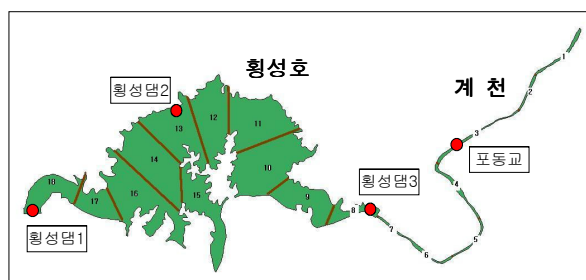


그림 2. 대상구간에 대한 구획 분할

대상 구간에 대한 구획별 입력자료를 구축하기 위해 HEC-RAS 모형을 이용하여 대상기간에 발생한 여러 가지 유량규모를 대상으로 모의하였다. 모의한 결과를 이용하여 구획별 평균 단면적을 계산하였으며, 구획길이와 단면적을 곱하여 구획체적을 산정하였다. 구획간의 확산 이동을 고려하기 위해 구획간의 평균 단면적과 특성길이를 산정하여야 하는데, 이들 값은 인접한 두 구획의 단면적을 평균한 평균 단면적과 인접한 두 구획길이를 평균하여 특성길이를 산정하였다. 그림 3은 상류단 경계인 매일수위국에서의 수질자료를 입력한 화면을 나타내고 있다.

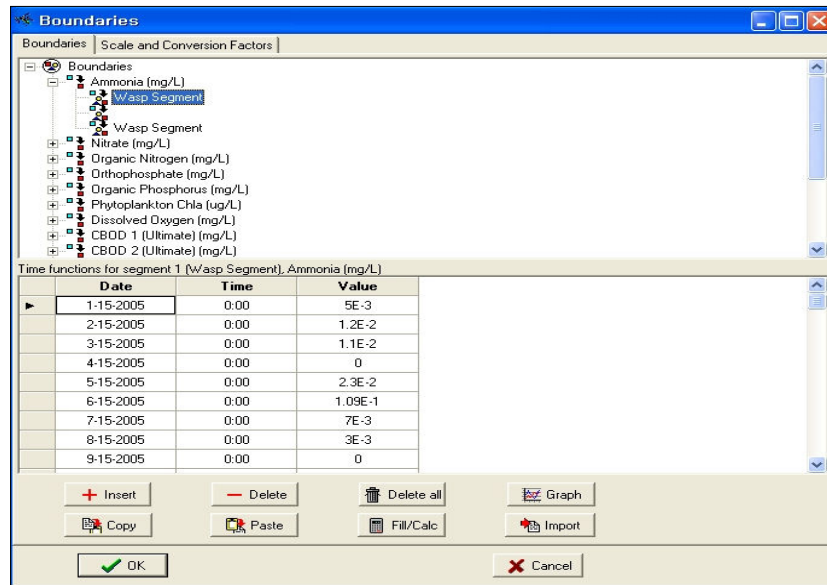


그림 3. 상류단 수질자료 입력 화면

3.2 WASP 7.2 모형의 적용

EUTRO 모형에서는 복잡도가 4이상이면 8가지 수질항목에 대한 수질예측이 가능하기 때문에 본 연구에서는 자료의 가용성 및 모형의 난이도를 고려하여 복잡도 4에 해당하는 수질농도를 모의하였다. 수온, DO, BOD, NO₂-N, NO₃-N, NH₃-N, Org.-N, PO₄-N, Org-P의 9개 수질항목에 대해 모의하였다. 이들 수질농도는 2005년 1월부터 2006년 6월까지 매일수위국을 비롯한 주요 지점에서 관측된 수질자료를 이용하였으며, 매일수위국에서 결측된 N과 P 자료는 과거 매일수위국에서 직접 측정을 통해 분석된 질소와 인의 순환요소에 대한 구성비를 이용하여 추정하였으며, 이들 자료를 월별로 연속적으로 이용하여 모의하였다.

그림 4는 모의기간에 대한 DO와 BOD의 모의결과를 나타내고 있으며, 그림 5는 T-N에 대한 결과를 도시하고 있다. 이들 그림은 WASP 모형의 GUI 환경에서 보이는 그림을 나타내고 있다. DO의 경우 그림 4의 위쪽에서 보는 바와 같이 각 지점별로 시간에 따라 다양한 농도변화를 나타내고 있었으나, 그림의 아래쪽에 나타나 있는 BOD는 상대적으로 농도의 변화가 적게 나타나고 있었다. T-N 값도 그림 5에서 보는 바와 같이 지점별로 시간에 따라 농도의 변화가 비교적 심하게 나타나고 있었다.

모의결과에 대한 정확도를 살펴보기 위해 그림 2의 포동교와 횡성담 1, 2, 3지점에서 관측된 수질자료와 모의결과를 그림 6~9와 같이 비교하였다. 그림에서 보는 바와 같이 2005년 1월부터

2006년 6월까지 일별 모의를 수행한 DO와 BOD의 모의결과는 월평균 수질관측자료와 전반적으로 잘 일치하고 있는 것으로 나타났다. 특히, 하천의 흐름특성을 나타내고 있는 포동교와 횡성댐3 지점은 실측자료와 매우 잘 일치하고 있었지만, 횡성호에서의 관측지점인 횡성댐2와 횡성댐1 지점에서는 그 차이가 조금 더 크게 나타나고 있었다.

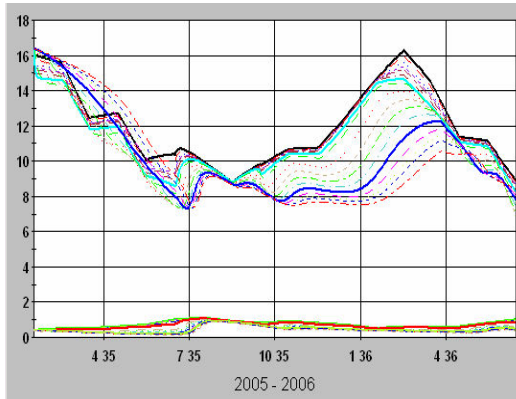


그림 4. DO와 BOD의 모의 결과

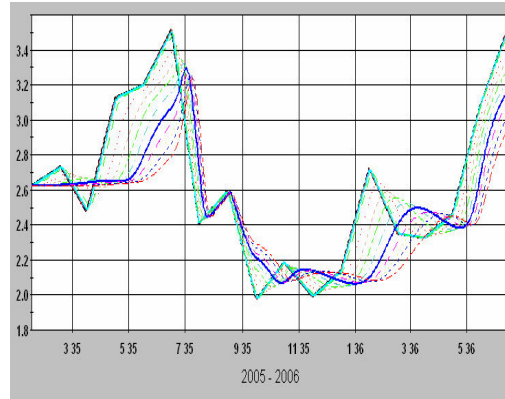


그림 5. T-N의 모의 결과

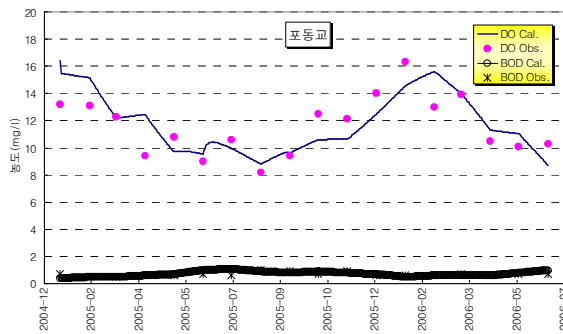


그림 6. 포동교 지점에 대한 모의결과

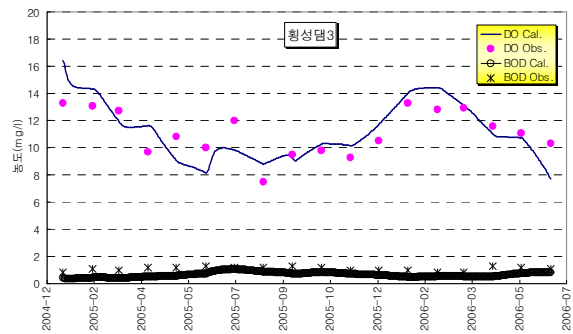


그림 7. 횡성댐3 지점에 대한 모의결과

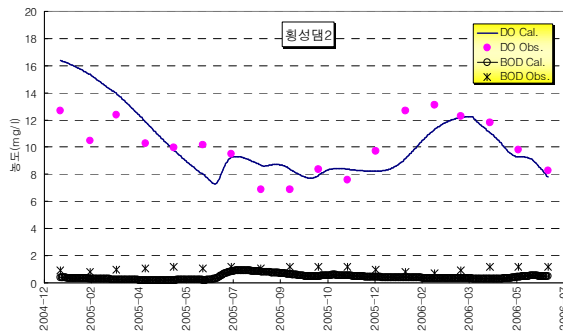


그림 8. 횡성댐2 지점에 대한 모의결과

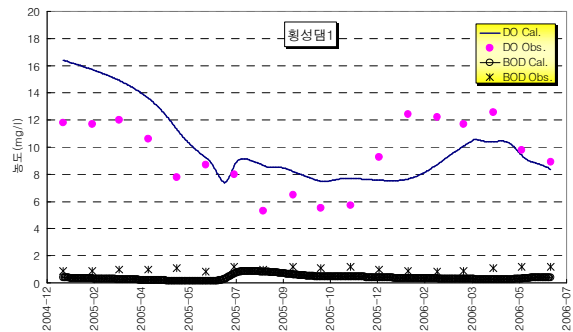


그림 9. 횡성댐1 지점에 대한 모의결과

3.3 QUAL2E 모형과의 비교

WASP 모형에 대한 적용성 검토를 위해 QUAL2E 모형의 모의결과와 비교하였다. 두 모형의 수리특성 계수는 HEC-RAS 모형의 모의결과를 토대로 유량별 수심과 유속간의 상관계수와 지수를 구하여 모형에 반영하였으며, 수질반응 계수는 WASP 모형에 사용되는 값과 동일한 값을 QUAL2E 모형에 사용함으로써 두 모형간에 일관성을 유지하도록 하였다. 그림 10은 2005년 7월과 2006년 5월 사상에 대한 모의결과를 비교한 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 WASP 모형과 QUAL2E 모형의 모의결과는 DO와 BOD 모두 유사하게 나타나고 있었고 실측 자료와도 잘 일치하고 있었다.

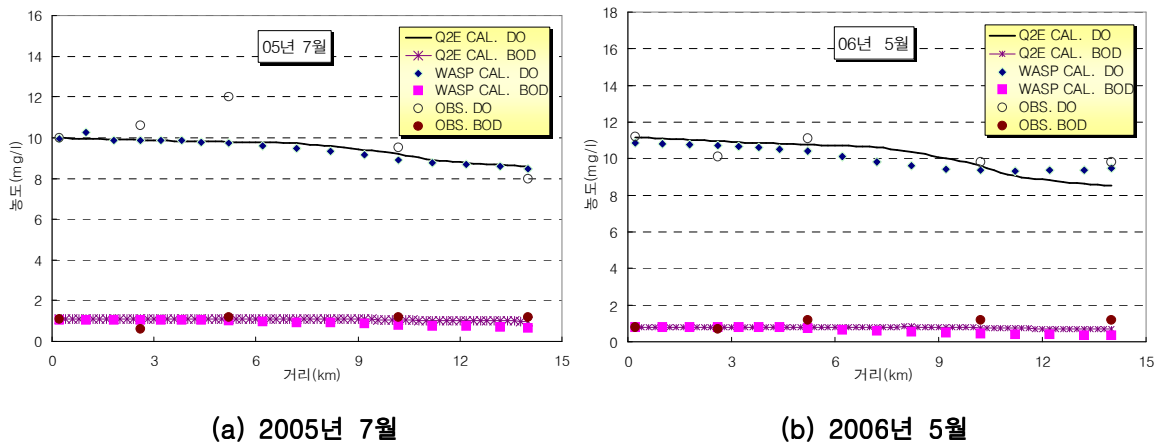


그림 10. 모형별 모의결과 비교

4. 결론

댐 상류 저수지와 하천 구간에 대한 수질해석을 위해 호소/저수지, 하구부/만에서 적용성이 높은 WASP 7.2 모형을 이용하였다. 모형의 적용을 위해 섬강의 상류에 위치한 황성호와 계천구간에서 매일수 위국을 상류단으로, 황성댐 직상류부를 하류단으로 하는 13.9km를 대상구간으로 선정하였다. 현장 측정 및 자료 수집을 통해 2005년 1월부터 2006년 6월까지의 수질자료를 대상으로 부정정 수질모의를 수행하였으며, 모의결과는 실측자료와 비교적 잘 일치하는 것으로 나타났다. 또한 대상구간에 대해 QUAL2E 모형을 적용하여 WASP 모형과 비교하여 적용성을 확인하였다.

감 사 의 글

본 연구는 2005년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원(KRF-2005-003-D00400)을 받아 연구되었기에 사의를 표합니다.

참 고 문 헌

- 강원도(2000). 계천하천정비기본계획.
- 황성균(2000). 황성댐 수리검토용역.
- Di Toro, D.M., Connolly, J.P.(1980). Mathematical Models of Water Quality in Large Lakes, Part 2: Lake Erie. EPA-600/3-80-065. pp. 90-101.