

금강 내 보 구간 수질모의를 위한 EFDC-WASP 적용 3-Dimensional Hydrodynamic and Water Quality Simulation at Weir Section in Geum River Using EFDC-WASP

노희진*, 정영원**, 김영도***, 이현석****

Hee Jin Noh, Yeong Won Jeong, Young Do Kim, Hyun Suk Lee

요 지

최근 4대강 사업이 진행되면서 하천의 보가 설치되고 있다. 하지만 이러한 구조물은 수체 거동의 특성을 변화시키며, 수질의 분포 또한 일반 하천과는 다른 특성을 지니게 된다. 흐름 방향보다 수심 방향으로의 특성이 강하게 작용하는 저수지 형태의 하천에서는 1, 2차원적 모델의 적용에서 벗어나 3차원 수리·수질 모델링을 적용함으로써 하천과 다른 특성을 반영한 모델을 구축해야 한다. 따라서 본 논문에서는 4대강 사업에 따른 보 설치로 인한 금강 수계 일부 구간을 대상구간으로 선택하였으며 EFDC(Environmental Fluid Dynamics Code)의 수리학적 부분과 조류중심의 해석 구조를 지닌 WASP(Water Quality Analysis Simulation Program)의 수질부분을 연계하여 하나의 모델로 구축하여 보 설치에 따른 수질변화를 모의하였다.

핵심용어 : 보, 3차원, EFDC, WASP

1. 서 론

최근 4대강 사업이 진행됨으로써 하천에 보가 형성되고 있다. 이 경우 차후에 하천은 흐름 방향보다 수심 방향으로의 특성이 강하게 작용하는 호소의 특성을 갖게 된다. 따라서 기존에 해오던 하천수질예측과는 차별화된 수질예측을 필요로 한다. 호수 및 하천 수질관리 대책수립에 가장 기본적인 것은 현재 수질의 확실한 평가와 정확한 장래 수질 예측이다. 오염물질은 호수와 하천 자체에서 여러 가지 복잡한 물리적, 화학적, 생물학적 과정을 거치는데, 정확한 수질예측을 위해서는 보다 합리적이고 과학적인 방법을 필요로 한다. 이는 3차원적 수리·수질 모델링을 적용을 통해 호소 형태 구간 모의 결과에 대한 신빙성을 높일 수 있다. 특히 시간의 변화에 따른 수질을 모의하는 데 가장 널리 사용되는 모델은 WASP으로 특히 WASP 7.4(Water Quality Analysis Simulation Program Version 7.4) 모형은 지금까지 개방되어온 수질 예측 모형들을 종합, 보완한 것으로써 시간에 따른 입력치의 변화를 고려할 수 있어서, 연중변화는 물론 짧은 시간간격 사이의 수질성분변화를 분석하는 데에도 유용하여 현재 우리나라에서도 많이 사용되고 있다. 따라서 본 연구에서는 4대강 사업에 따른 보 설치로 인한 금강 수질모의를 위해 유체거동 부분을 EFDC(Environmental Fluid Dynamics Code)를 통해 선행한 후 이를 WASP 유동모듈로 대체하고 수질 모델을 연계·구축하여 수질모델링을 하고자 한다.

* 비회원 · 인제대학교 환경공학부 석사과정 · E-mail : komdolee@naver.com

** 정회원 · 한국수자원공사 · E-mail : comicfilm@naver.com

*** 정회원 · 인제대학교 환경공학부 조교수 · E-mail : ydkim@inje.ac.kr

**** 정회원 · (주)EPS솔루션 · E-mail : hslee@weps.co.kr

2. 모델 개요

2.1 EFDC (Environmental Fluid Dynamics Code)

EFDC는 환경 유체 동역학 코드로 1992년 버지니아 해양과학 연구소에서 개발되었다. EFDC 모델의 물리적 이론과 여러 형태의 계산 기법은 Blumberg-Mellor 모형(1987)과 미공병단의 Chesapeake Bay 모델(1993)의 것과 같으며 동일한 시간간격으로 Eulerian 수송방정식을 풀거나 또는 2배의 시간간격으로 운동량방정식을 풀기 위해 공간과 시간에서 2차 정확도의 질량보존칙의 분변화 해법(fractional step solution scheme)을 사용한다. 또한 EFDC 모델은 직각 또는 곡선-직교 격자를 생성하고, 현장 관측 데이터로부터 얻은 수심, 초기 농도와 온도를 보관하는 전처리 시스템을 갖고 있다. 포맷들을 위한 광범위한 온라인 서식을 갖추고 있고 상호 보완적인 특징을 가지고 있다 (Hamrick, J.M., 1992). 이러한 메뉴를 윈도우화시켜 입력 및 출력을 시각화할 수 있는 도구로 만든 프로그램이 EFDC-explorer이다.

2.2 WASP (Water Quality Analysis Simulation Program)

WASP은 US EPA에서 1981년에 개발한 WASP 모델을 수정·보완한 것으로 하천, 저수지, 하구, 해안 등 광범위한 수계에 적용할 수 있으며 교환계수, 유속, 오염부하량과 경계조건 등을 원하는 시간간격에 따라 자유롭게 입력할 수 있는 동적 모델이므로 연중 변화는 물론 짧은 시간동안의 수질변동을 파악하는 데도 대단히 유용한 모델이다. 또한 수체를 3차원으로 구획하여 사용할 수 있기 때문에 정밀한 시뮬레이션이 가능하다 (Ambrose, R.B., et al, 1988). WASP 모델은 크게 유체의 거동을 시뮬레이션하는 동수역학적 유동모델인 DYNHYD 모델이고 다른 하나는 수질항목의 거동과 상호작용을 시뮬레이션하는 생태학적 수질모델인 WASP 모델은 다시 기본적인 수질항목을 분석하는 EUTRO 모델과 독성물질을 분석하는 TOXIC 모델로 구성되어 있다. WASP에서는 모두 8개의 수질항목(NH₃-N, NO₃-N, PO₄-P, Chl-a, CBOD, DO, Org-N, Org-P)을 모의 할 수 있다.

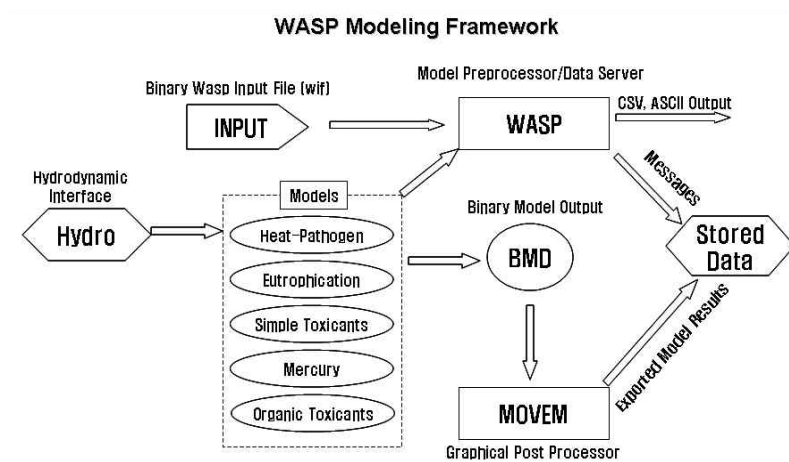


Fig. 1. WASP Modeling Framework

3. 연구 방법

본 연구에서는 수질오염총량관리 금본K 단위유역에 위치한 구간을 선정하였다. 이 구간은 충청남도 부여군 부여읍에 위치하였으며 금천과 은산천이 지천으로 위치해있다. 본 구간 상류쪽에 이번 4대강 사업을 통하여 부여보가 생김으로써 변화될 지형으로 인해 나타나는 수질변화를 예측·모의하였다. 우선 EFDC(Environmental Fluid Dynamic Code) full version을 통해 금강구간에 대한 3차원 수리 모의를 실시하였다. 실측된 수위와 모의된 수위를 비교하여 보정을 실시하였고 WASP(Water quality Anaysis Simulation Program) 7.4 version과의 연계를 위하여 EFDC Hydro version을 통해 HYD file을 생성하였다. 여기서의 격자 구성은 SMS를 통해 가변격자로 구성하였으며, Horizontal Grid는 113개, Vertical layer는 2개로 총 226개의 격자로 구성하였다. 수체에 관한 유량, 수위, 유량, 유속 등의 수리학적 정보를 포함하고 있는 HYD file을 WASP의 유동 모듈로 대체하여 WASP 상의 수리학적, 지리학적 부분을 적용하였다. 수리학적 부분을 선행한 뒤 WASP 상에서 DO(mg/L), BOD(mg/L), T-N(mg/L), T-P(mg/L), CHL-A(mg/L) 총 5개 항목을 모의하였다. 경계조건은 은산천과 금천의 지천구간을 포함하여 3개의 유입부과 1개의 유출부로 총 4개로 지정하였다. 모델의 검·보정을 위하여 2008년, 2009년 데이터를 적용하였다.

3. 모의 결과 및 고찰

3.1 보가 설치되기 전 형태 검토 (검·보정)

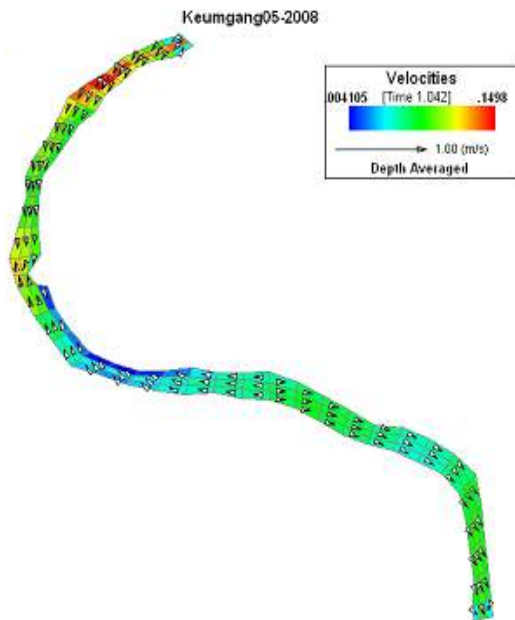


Fig. 2. 지형구축결과(EFDC)

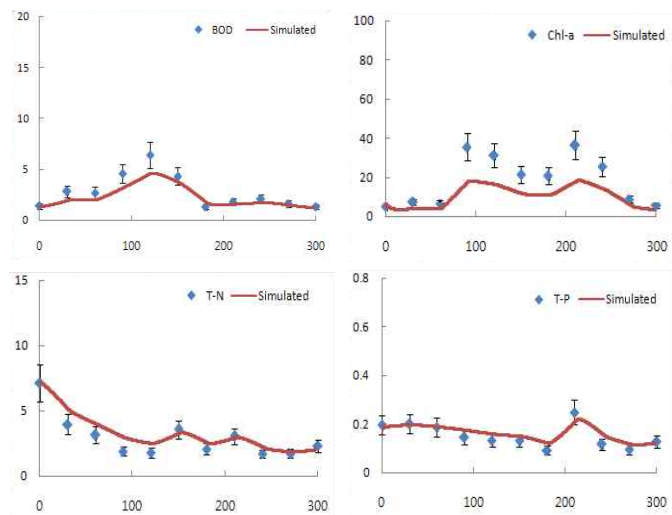


Fig. 3. 수질 항목별 검·보정 결과그래프

보가 설치되기 전인 현지형 상태에서의 수질농도와 기존 실측치(2008년)의 비교를 통해 검·보정 하였으며 정확하지는 않으나 비교적 패턴으로 수질 농도값을 모의할 수 있도록 하였다.

3.2 보가 설치 후 형태 예측·모의

보의 설치 후 변화된 지형을 이용하여 수질 농도를 예측·모의를 하였고 Scenario는 목표수질을 고려하지 않은 오염부하 조건과 목표수질을 고려한 오염부하 조건의 2가지로 모의하였다.

3.2.1 목표수질을 고려하지 않은 오염부하 조건(Scenario 1)

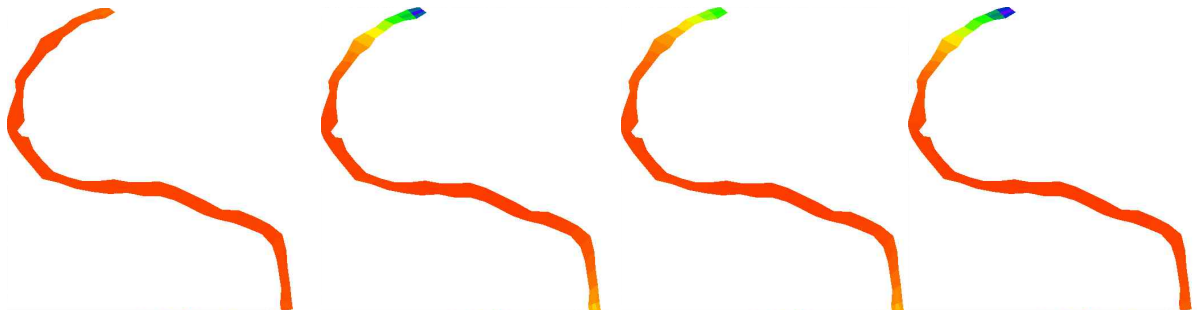


Fig. 4. 수질농도에 따른 Simulation 변화 (CHL-A)

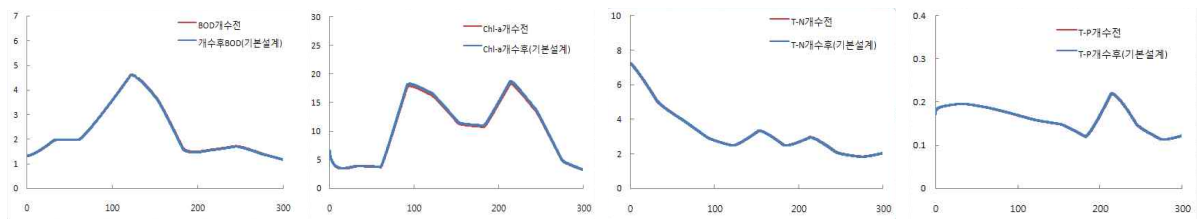


Fig. 5. 시간에 따른 수질 항목별(BOD, CHL-A, T-N, T-P) 결과그래프

기존 검·보정 조건에 설치 후 변화된 지형으로 설정하여 목표수질을 고려하지 않고 모델링한 결과 지형전과 지형후의 수질은 큰 변화가 없는 것으로 나타났다.

3.2.2 목표수질을 고려한 오염부하 조건(Scenario 2)

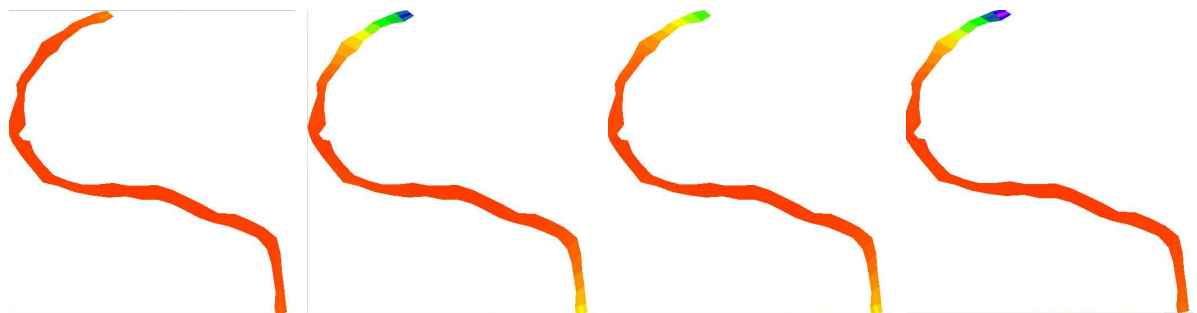


Fig. 6. 수질농도에 따른 Simulation 변화(CHL-A)

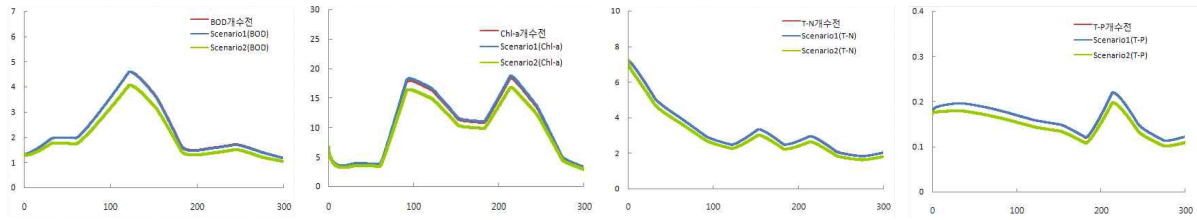


Fig. 7. 시간에 따른 수질 항목별(BOD, CHL-A, T-N, T-P) 결과그래프

목표수질을 고려한 상태로 기존 Scenario 1 조건에 목표수질과 삭감부하량비를 고려하여 수질을 예측·모의하였다. 금분K 단위유역의 BOD 목표수질은 3.0 mg/L (충청남도, 2002) 이며 이를 고려한 결과 4~5월 동안 목표수질 농도보다 증가하는 것으로 나타나나 이후 목표수질에 만족하는 결과로 농도가 감소됨을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 논문에서는 4대강 사업의 보 설치에 따른 하천형태 변화로 인한 수질변화를 예측하기 위해 수리학적 부분인 EFDC와 WASP의 수질부분 연계를 통하여 모의 수행함으로써 다음과 같은 결론을 얻었다. 보 설치 후 변화된 지형에 대한 수질영향을 검토한 결과 개수전과 개수후의 결과를 비교해 볼 때 하도준설 등에 의한 지형변화가 수질에 큰 변화를 나타내지 않는 것으로 판단되었다. 또한 1단계 수질오염총량관리제의 상류 단위유역의 목표수질 달성과 사업구간내의 삭감부하량을 고려한 수질모의 결과 일정정도의 수질개선 효과가 나타나는 것으로 모의되었다. 덧붙여, 이번 연구에서 예측된 결과는 향후 4대강 사업 후 유지관리를 위한 수질정책 수립과 기본적인 자료로 활용될 수 있을 것이라 판단된다.

참 고 문 헌

1. Ambrose, R.B., et al (1988), WASP4 Hydrodynamic and Water Quality Model-Model Theory, User's Manual, and Programmer's Guide, USEPA
2. Hamrick, J.M. (1992), A Three-Dimensional Environmental Fluid Dynamics Computer Code : Theoretical and Computation al Aspencts, The college of William and Mary, Virginia Institute of Marine Science. Special Report 317
3. 충청남도 (2002), 충청남도 금강수계 1단계 기본계획 수립 보고서