

EFDC-WASP을 이용한 진양호의 3차원 수리·수질 변화 모의 3-Dimensional Hydrodynamic and Water Quality Change Simulation of Jinyang Reservoir Using EFDC-WASP

정영원*, 김영도**, 김정곤***

Young Won Jeong, Young Do Kim, Jeong kon Kim

Abstract

Due to summer rainfall is concentrated in the construction of the reservoir and the dam was inevitable. The character of these structures are different from the common rivers have been characterized. According to this problem, we need to adopt to this area with three dimensional model. Construction of dams for preservation of land, utilization of water resources, and exploitation of energy potential, which is a basic element of countries' development, is regarded as indispensable for peoples. In addition, the development of the Nakdong River nutrient and pathogen Total Maximum Daily Loads (TMDL) required that the full range of pollutants, sources, and flow conditions, typical of heavily urbanized areas, be addressed for a single water body with 1-D simulation model (river) and 3-D simulation model (reservoir). The objective of this study is to simulate the applicability of reservoir with the coupling of 3-D hydrodynamic and water quality models to estimate water balance and pollutant loading in Namgang Dam(Jinyang reservoir).

Key words: EFDC, WASP, Reservoir, Namgang Dam, TMDL

요 지

하절기에 집중되는 강우로 인해 국내의 경우 저수지와 댐 건설이 불가피 하였으며, 이들 구조물에 의한 수체의 거동 및 수질의 분포 또한 일반 하천과는 다른 특성을 지니고 있다. 특히, 흐름 방향보다 수심 방향으로의 특성이 강하게 작용하는 호소에서는 3차원 수리·수질 모델링을 적용함으로써 모의 결과에 대한 신뢰성을 높일 수 있다. 하천의 발원지로서의 댐(저수지)과 하천과 하천 사이에 위치한 저수지의 특성이 다르며, 하천 사이에 위치한 저수지의 경우, 하천과 하천을 이어 주며 그 흐름특성과 수질의 분포 및 변화의 양상의 바뀐다는 점에서 독립적이며, 연계되는 구조의 특징을 동시에 반영할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 낙동강에 위치한 남강댐(진양호)를 중심으로 연구를 진행하였으며, 안동댐 등처럼 하천의 발원지가 아닌 하천과 하천 사이에 위치한 호소(댐)으로 이와 같은 특징을 반영하여 수질오염총량관리제에서의 목표수질 달성여부와 점 및 비점 오염원에서 발생하는 오염부하량의 변화에 따른 저수지 내의 수리·수질 모의를 EFDC-WASP의 연계 모델을 통해 연구하고자 하였다.

핵심용어 : EFDC, WASP, 남강댐, 진양호, TMDL

* 정회원 한국수자원공사 K-WATER 연구원 하천유역팀 연구원 · E-mail : comicfilm@kwater.or.kr
** 정회원 인제대학교 환경공학부 조교수 · E-mail : ydkim@inje.ac.kr
*** 정회원 한국수자원공사 K-WATER 연구원 하천유역팀 수석연구원 · E-mail : jkim@kwater.or.kr

1. 서론

2011년 제2차 수질오염총량관리제의 시행과 호소모델이 채택됨으로써 하천위주의 모델에서 탈피하여 호소 영역의 독립적인 분석의 중요성이 더욱 부각되기 시작했으며, 국내의 수자원 특성상 하절기에 집중되는 강우의 효율적인 이용을 위해 많은 댐과 저수지를 건설하여 오래전부터 이용하고 있는 실정이기도 하다. 하지만 이러한 구조물은 수체 거동의 특성을 변화시키며, 수질의 분포 또한 일반 하천과는 다른 특성을 지니고 있다. 흐름 방향보다 수심 방향으로의 특성이 강하게 작용하는 호소에서는 1·2차원적 모델에서 벗어나 3차원 수리·수질 모델링을 적용함으로써 하천과 다른 특성을 반영한 모델을 구축할 수 있다. 또한 하천의 발원지에서 시작하는 댐(저수지)과 하천과 하천 사이에 위치한 저수지의 특성이 다르며, 하천 사이에 위치한 저수지의 경우, 하천과 하천을 이어주며 그 흐름특성과 수질의 분포 및 변화의 양상의 바뀐다는 점에서 독립적이며, 연계되는 구조의 특징을 동시에 반영할 수 있어야 한다. 특히, 댐의 경우 수문의 개폐여부에 따라 Dynamic한 형태의 흐름 특성을 보인다. 따라서 본 논문에서는 낙동강 수계 중 하나인 남강에 위치한 남강댐(진양호)를 중심으로 연구를 진행하였다. 또한 3차원적 수리·수질 변화를 모의하는 모델로써 EFDC의 수리학적 강점과 저수지 모델인 조류 중심의 해석 구조를 지닌 WASP의 장점을 연계하여 하나의 모델로 구축하여 각 모델의 한계성을 극복하고 신빙성 및 정확성을 높이하고자 하였다.

2. 연구방법

2.1 대상 유역

연구의 대상지역은 낙동강 수계 중 하나인 남강에 위치한 남강댐을 선정하였다. 남강댐은 남강을 지류로 둔 C.F.R.D(Concrete Faced Rock Fill Dam)형식으로서 높이 34 m, 길이 1,126 m, 정상표고 51 m, 체적은 1,280 m³의 규모의 다목적 댐으로써 경상남도 지역의 상수원을 책임지고 있는 댐 중 하나이기도 하다. 그림 1, 2 와 같이 진양호의 위치와 전경을 나타내었다.

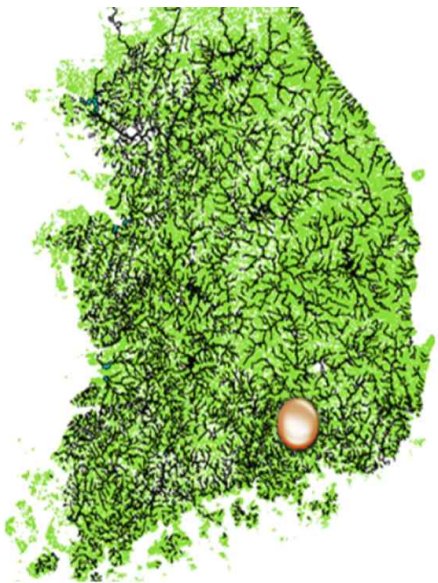


그림 1. 진양호의 위치



그림 2. 진양호의 모습

2.2 유역지정 및 경계조건 할당

유역의 유량 및 부하량 산정을 위해 지정된 유역은 수질오염총량관리제에서 지정한 남강C 유역으로 지정하였다. 향후 시나리오 적용시, 면적에 따른 유량 산정과 지류로 유입되는 부하량 산정을 위해 설정하였다. 그리고 진양호의 검·보정을 위해서 유입량의 대부분을 차지하고 있는 남강과 덕천강을 중심으로 유입 경계부를 설정하였으며, 방류부는 댐의 방류부와 일치시켰다. 또한 검·보정 지점으로 물환경정보시스템에서 주기적으로 각 수질항목에 대해 조사되고 있는 지점에 대해 상·하류부로 나누어 모의를 실시하였다.

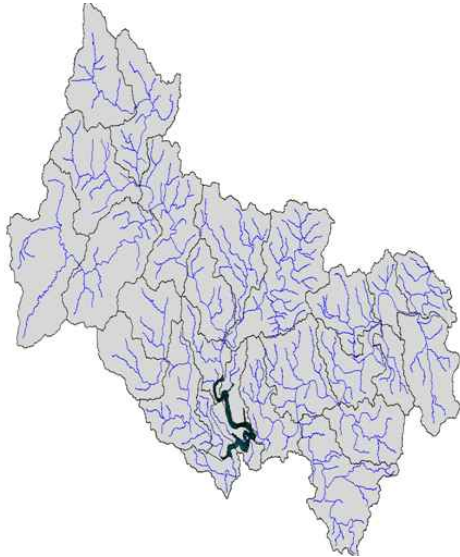


그림 3. 유역지정(남강C)



그림 4. 진양호의 경계조건 지정

3. 모델의 적용

EFDC(Environmental Fluid Dynamic code) full version 을 통해 남강댐(진양호)에 대한 3차원 수리 모의를 실시하였다. 실측된 수위와 모의된 수위를 비교하여 보정을 실시하였다. 그리고 WASP(Water quality Analysis Simulation Program) 7.3 version 과의 연계를 위하여 EFDC Hydro version 을 통해 HYD file 생성하였다. 분할된 수체(Segments)에 관한 volume, depth, flow, velocity 등의 수리학적 정보를 포함하고 있는 HYD 를 WASP에 적용하여 WASP 상의 수리학적, 지리학적 부분을 대체하였다. 선행과정을 거친 뒤 WASP 상에서 DO(mg/L), BOD(mg/L), T-N(mg/L), T-P(mg/L), 클로로필-a(mg/m³) 으로 총 5개 항목을 모의하였다. 경계조건은 EFDC 와 마찬가지로 진양호에 가장 상류인 남강이 유입하는 부분과 우측에서 합류하는 덕천천을 포함한 총 7개의 유입부와 1개의 유출부로 총 8개로 지정하였다. 각 지류는 수질오염총량제에서 할당한 단위유역과 소유역을 참고하여 분할·지정하였다. 그림 5, 6과 같이 모델의 격자 구성은 SMS 를 통해 가변격자로 구성하였으며, Horizontal Grid는 896개, Vertical layer는 3개로 총 2688개의 격자로 구성하였다. WASP과의 연동함에 있어 격자 수에 대한 제한성이 존재하기 때문에 격자의 단순화가 가져오는 즉, 격자의 세분화와 단순화에서 오는 수리학적 오차정도를 알아보기 위해 Horizontal Grid는 2156개, Vertical layer는 5개로 총 10780개의 격자를 추가적으로 구성하여 격자의 구성여부에 따라 모의하였다.

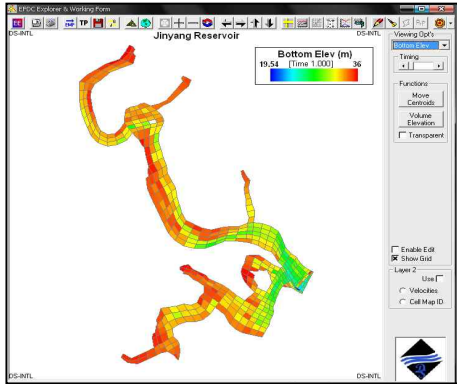


그림 5. 세분화된 격자구성

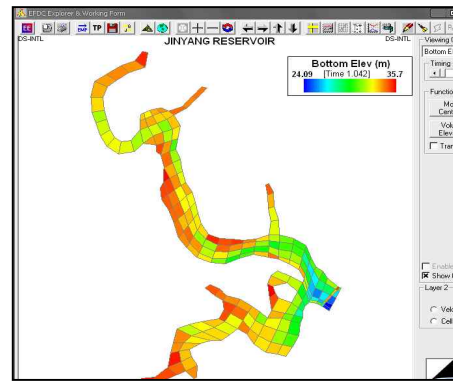


그림 6. 단순화된 격자구성

4. 모델의 검·보정

수리학적 보정을 위해 EFDC 상에서 모의된 격자구성에 따른 오차범위 R^2 , AME, RMSE 를 Table 1 과 그림 7 을 통해 나타내었다.

Table 1. Error Comparison Full ver. and Hydro ver.

구 분	W.S Elevation		Volume	
	Full ver.	Hydro ver.	Full ver.	Hydro ver.
R^2	0.9938	0.9938	0.9933	0.9932
AME	0.35	0.44	6.85	8.53
RMSE	0.59	0.66	2.62	2.92

또한 수질의 검보정을 위하여 2008년 자료를 이용하였으며, 그 결과 매개변수에서 조절할 수 있는 한계성과 초기농도 설정으로 인하여 오차를 보였다. 그러나 대부분의 수질항목에 대해 그림 7 과 같이 각 수질항목의 변화 양상에 대한 패턴 재현은 가능하였다.

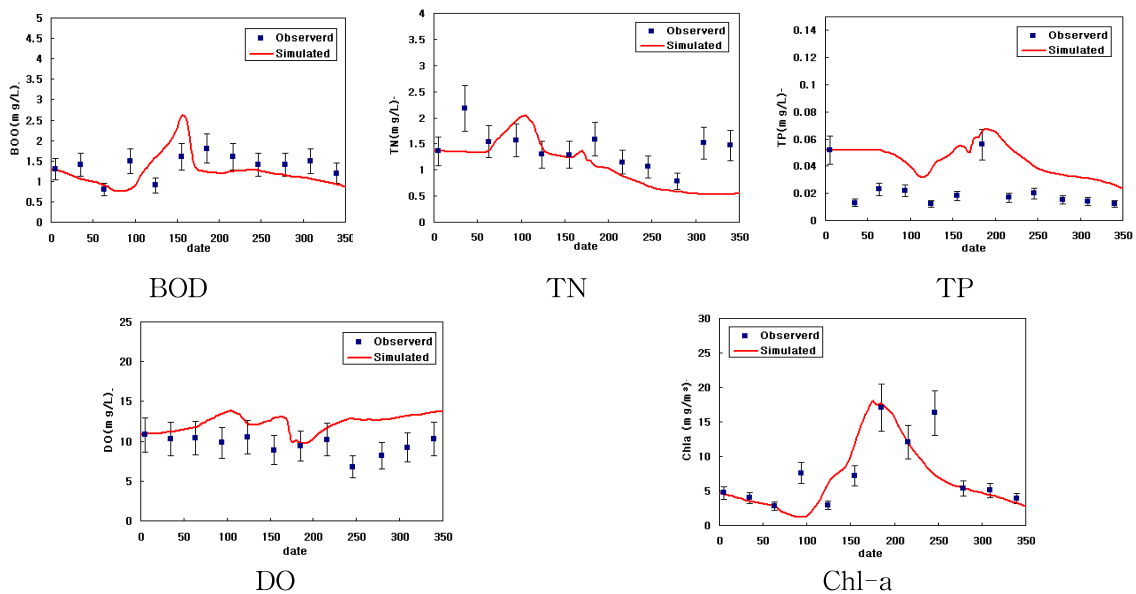


그림 7. 진양호의 수질모의 보정결과

5. 결 론

그림8 에서는 Dye mode를 통해 하천의 영향이 남강댐(진양호) 유출부까지 도달하는 시간을 모의한 결과 9일 정도의 시간이 소요되는 것으로 모의되었다. 이는 격자의 구성에 따른 변화정도는 차이가 낮으나, 도달시간은 상이하지 않은 것으로 나타났다.

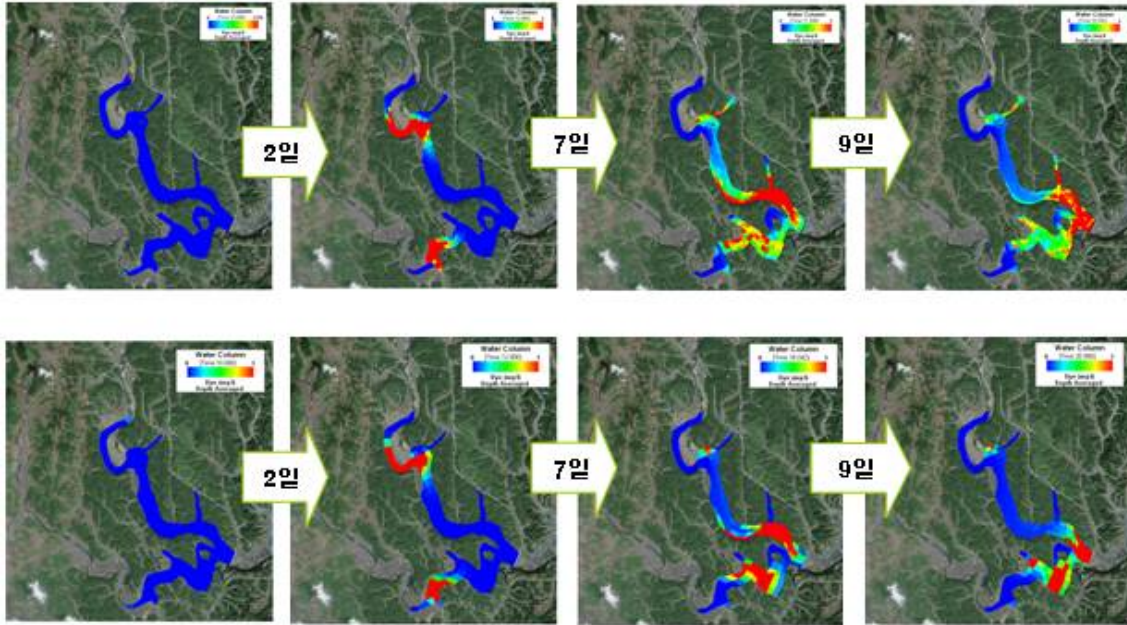


그림 8. 진양호의 DYE(추적자) 모의 결과

수질모의 결과, 각 항목에 따른 차이는 있었으나 대체적으로 아래 그림 9와 같은 변화 양상을 보이고 있었다. 이는 유입량과 유출량이 많은 여름철에 특히 남강의 영향이 진양호의 방류수 수질에 지배적인 영향을 미치고 있는 것으로 나타났으며, 유입량과 유출량이 적은 겨울철에는 덕천강의 영향도 미치는 것으로 판단되어진다.

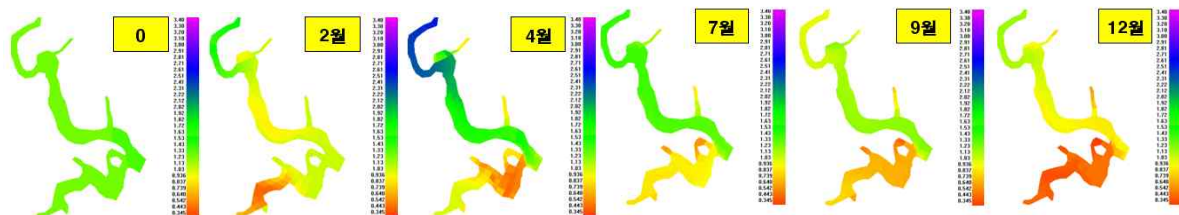


그림 9. 진양호 내의 수질변화

1. 서동일, 이정우(2005). WASP7.0을 위한 3차원 수리모델, EFDC-Hydro의 활용에 관한 연구, 대한환경공학회 2005 춘계학술발표회 논문집 pp.431-436.
2. Kwang-Wook Jung DR. (2007) Development Of 3D Inatergratted Water Quality Simulation System by Applying Basins/WinHSPF and EFDC in Han River BASIN and Paldang Reservoir.
3. Park K, Jung H S, Kim H S et al. (2005) Three-dimensional Hydrodynamic-Eutrophication Model (HEM-3D): Application to Kwang-Yang Bay, Korea. Marine Environmental Research, 60:171-193