

# 부영양 저수지에서 공간적 수질특성을 반영한 댐 운영방안 모델링 연구

정선아\*, 배세희\*, 이혜숙\*, 최정규\*, 박형석\*

\*한국수자원공사 K-water 연구원

e-mail:jsa@kwater.or.kr

## Modeling study of dam operation reflecting spatial water quality characteristics in eutrophic reservoir

Suna Chong\*, Se-Hee Bae\*, Hye-Suk Lee\*, Jung-Kyu Choi\*, Hyeong-Seok Park\*

\*K-water Institute, K-water

### 요약

본 연구는 부영양화로 인한 문제가 제기되고 있는 영주댐을 대상으로 모델링을 통해 저수지의 공간적 수질에 영향을 미치는 하절기 밀도류 현상을 분석하였다. 또한 시나리오 적용을 통해 댐의 운영 수위가 공간적 수질 변화와 조류발생에 미치는 영향을 예측하였다.

### 1. 서론

저수지의 부영양화로 인한 여러 현상 중 대량의 남조류 발생은 가장 대표적인 환경문제로 거론되고 있다. 최근에 건설된 영주댐, 보현산댐 등에서 하절기 녹조 발생이 사회적 이슈가 되면서 저수지의 부영양화를 유발하는 댐 상류 오염원에 대한 대책이 요구되고 있다. 특히, 영주댐은 댐 유역의 축산계 오염원 부하량이 타 댐 대비 월등히 높으며, 강우시 비점 부하의 형태로 고농도 영양염이 유입되면서 대표적인 부영양 저수지로 인식되고 있다. 한편, 최근 기후변화의 영향으로 2020년 이후 담수된 영주댐의 유입유출량, 댐 수위 변화 등 수문 조건은 매년 매우 큰 편차를 보이고 있으며, 이로 인해 공간적 수질 특성 또한 시기별로 큰 차이를 나타내고 있다. 본 연구는 최근 부영양화 문제로 인한 대책이 요구되고 있는 영주호를 대상으로 영주댐의 수위 운영에 따른 공간적인 수질 변화를 모델링하여 댐의 과학적 운영에 활용하고자 수행되었다.

### 2. 연구방법

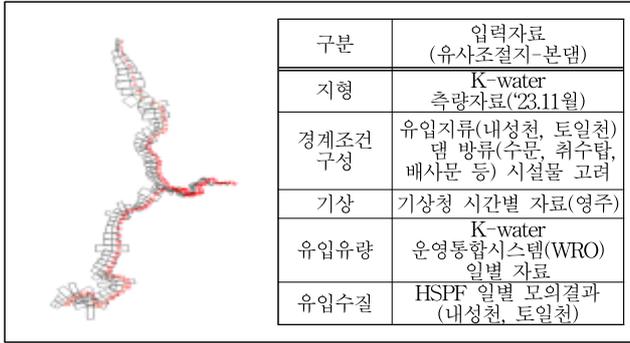
#### 2.1 연구대상지

연구대상지인 영주다목적댐은 낙동강 중·하류 지역의 갈수기 하천유지용수 확보와 낙동강 분류 및 내성천 지역의 홍

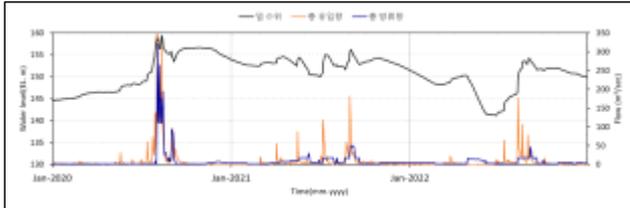
수 방지, 경북 북부지역의 안정적인 용수공급을 위해 건설되었다. 영주댐은 국내에서는 최초로 본 댐으로 유입되는 모래를 차단하여 저수용량을 확보하고, 하류하천에서의 준설을 유사조절지 내의 준설로 대체하여 하류의 하상을 관리하기 위한 시설물인 부댐(유사조절지)이 댐 상류 13 km 지점에 설치되어 있다. 영주댐의 총 저수용량은 181백만 m<sup>3</sup>이며 유사조절지는 약 4백만 m<sup>3</sup>으로 유사조절지에는 상·하류간 어류이동의 단절을 막기 위한 어도가 설치되어 있다. 한편, 영주댐은 국내 다목적댐 중 유일하게 하류하천의 수질개선을 위한 환경개선용수가 설정되어 있어 하절기 담수하여 수량을 확보하고 갈수기 하류하천에 환경개선용수를 공급하는 운영방식이 적용된다.

#### 2.2 모델 구축

본 연구에서는 2차원 수리수질모델인 CE-QUAL-W2 v4.1를 영주댐에 적용하여 저수지 흐름 및 거동 특성을 분석하고자 하였다. CE-QUAL-W2 모형은 수리구조물로 인한 다수의 수체(water body)가 연속된 조건을 모의할 수 있는 장점을 가지고 있으며, 폭이 좁고 수심이 깊은 인공저수지를 모의하는 데 적합하다. 영주댐의 CE-QUAL-W2 모델 구축결과는 그림1과 같으며, 분석 기간은 2020년 1월~2022년 12월이었다. 이 기간에는 각각 갈수해 및 풍수해 조건에 해당하는 수문특성을 포함하고 있어 다양한 수문 조건에서의 영주댐의 공간적 수질특성을 분석하였다(그림2).



[그림 1] 영주댐 모델 구축 결과 및 입력자료 현황

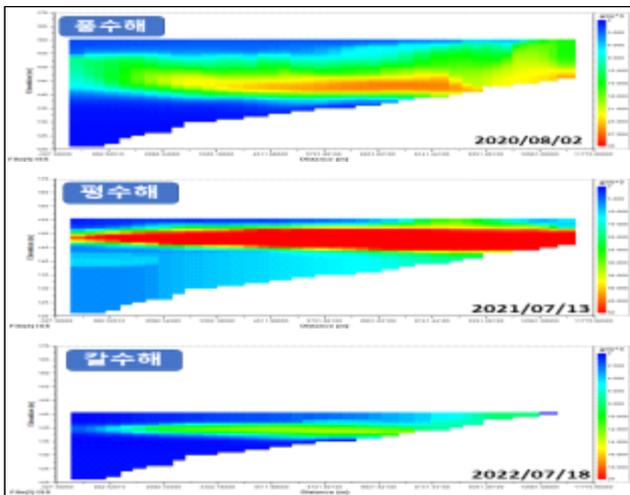


[그림 2] 영주댐 수문 현황(2020.1~2022.12)

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 영주댐 공간적 수질특성

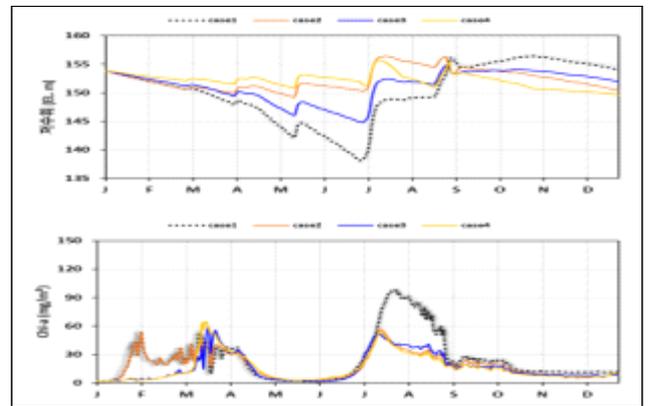
모의 기간인 3개 연도를 대상으로 실제 영주댐의 운영실적을 반영하여 모델링한 결과 하절기 중층 밀도류의 생성 위치가 평수해의 경우 수심 약 5~15m, 갈수해 약 5~10m, 풍수해 약 5~25m로 분석되었다. 또한, 강우가 반복되고 유입량이 큰 경우 밀도류가 상층까지 혼합하여 유입하는 현상이 관찰되기도 하였다. 이러한 현상은 유역면적 대비 저수용량이 유사한 타 댐과 비교하였을 때 차이를 보였는데, 영주댐은 타 댐 대비 밀도류의 생성 위치가 수심 대비 얕고 상층으로의 혼합 가능성이 큰 것으로 나타났다(그림3). 이러한 현상은 상류 유사조절지에 의해 강우시 유입수의 도달시간이 지체되며 수온이 상대적으로 높기 때문인 것으로 분석되었다.



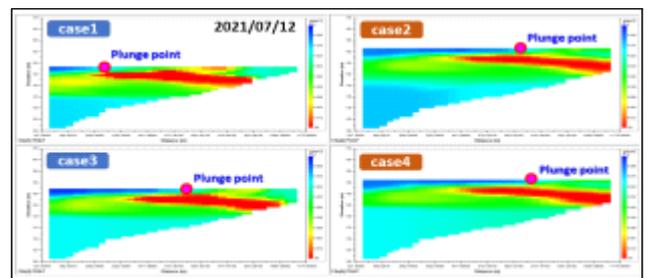
[그림 3] 영주댐 중층 밀도류 생성 및 공간적 수질 특성

#### 3.2 댐운영 시나리오별 수질변화 예측

하절기 운영수위에 따른 밀도류의 거동과 수질변화를 방류량 시나리오를 적용하여 분석하였다. 적용된 시나리오별 수위와 상층 조류농도를 예측한 결과는 그림4에 나타내었다. 모의 결과 case1,3은 홍수기전 용수공급량이 많아 낮은 수위를 나타냈으며, case2,4는 상대적으로 고수위를 나타냈다. Chl-a의 농도는 홍수기전 고수위를 유지하는 case2,4에서 하절기 더 낮은 농도가 예측되었다. 이러한 결과는 수위운영에 따라 공간적 수질 특성이 상이하여 나타난 현상으로, 홍수기 전 운영 수위가 낮을수록 침강점(plunge point)의 발생 위치가 댐과 가까운 하류에 형성되며 밀도류의 상층 혼합이 나타나기 때문인 것으로 파악되었다(그림5). 즉, 낮은 수위에서 고농도 비점유입수로 구성된 밀도류가 상층으로 영양염류를 공급하여 저수지의 상층 수질과 조류발생에 큰 영향을 미칠 수 있음을 나타낸다. 따라서 수위에 따른 저수지 수질을 예측하여 선제적인 댐 운영에 반영할 필요가 있을 것으로 판단된다.



[그림 4] 시나리오별 수위 및 상층 Chl-a 예측결과



[그림 5] 시나리오별 밀도류 및 공간적 수질특성 모의결과

#### 참고문헌

- [1] Cole, T.M.; Wells, S.A. CE-QUAL-W2: A Two-Dimensional, Laterally Averaged, Hydrodynamic and Water Quality Model, Version 4.0.; Department of Civil and Environmental Engineering, Portland State University: Portland, OR, USA, 2016.