

# 낙동강하구둑 수문운영 변화에 따른 영향 분석

Analysis of Various gate operation effects at Nakdong Estuary

이상진\*, 박주성\*\*, 황만하\*\*\*, 류경식\*\*\*\*, 이배성\*\*\*\*\*

Sang Jin Lee, Joo Seong Park, Man Ha Hwang, Kyong Sick Ryoo, Bae Sung Lee

## 요    지

본 연구는 우리나라 4대강 중에서 국내유일의 조석/파랑 혼합 삼각주 형태의 하구인 낙동강 하구둑을 대상으로 효율적인 수문운영을 통해 해역에 지속적으로 담수를 공급하여 기수역을 확보할 수 있는 방안을 모색하고자 하구둑 수위조정에 따른 수질 및 염분도 변화에 대하여 분석하였다. 그 결과 수위의 상향조정으로 인하여 수문개방 확률을 95% 이상 증가 시킬 수 있는 것으로 분석되었고, 상시 방류를 통하여 자연 상태에 가까운 하구 생태환경의 조성이 가능할 것으로 기대된다.

핵심용어 : 하구둑, 수문운영, 조위, 방류량, 염분도

## 1. 서 론

하구는 생태적인 측면뿐만 아니라 자연재해의 방지나 공간이용의 측면에서 아주 중요한 자원이다. 하구에 발달된 습지의 토양이나 식물들은 홍수시 유량을 효과적으로 분산시켜 피해를 저감시키는 동시에 해일과 같은 자연재해로부터 육상을 보호하는 기능을 가지고 있으며, 그 경관이 가지는 심미적 기능과 레크레이션 및 휴식기능 등을 제공하기 때문에 하천, 호소, 대륙붕, 산림 등 다른 생태계에 비하여 그 가치가 월등한 것으로 평가되고 있다. 그러나 하구의 가치가 인식되기도 전에 금강, 낙동강, 영산강 등 우리나라 주요하구는 하구둑 건설로 인하여 환경이 크게 변화되고 있는 실정이다. 하구둑은 강물과 바닷물의 자연스러운 교환을 인위적으로 차단하는 구조물이기 때문에 이로 인한 생태계 단절 등 고유의 하구기능을 손상시키는 것이 불가피 하지 만 효율적인 수문운영에 의해 하구 생태환경 개선이 가능하다.

하구를 지닌 해안해역에서 가장 중요한 수리 환경적 인자중 하나는 충분한 담수공급과 적절한 해수/담수의 혼합이라는 사실에 착안하여 본 연구에서는 해역에 지속적으로 담수를 공급하고 기존의 담수충격을 완화하여 기수역을 확보할 수 있는 방안을 모색하고자 하구둑 수문운영 변화에 따른 해역의 수질 및 염분도 등 의 영향에 대하여 분석하였다.

## 2. 대상지점 특성

적용지점은 우리나라 4대강 중에서 국내유일의 조석/파랑 혼합 삼각주 형태의 하구인 낙동강 하구로서 농업적 목적으로 활용되는 타 하구와는 달리 주변지역의 안정적 생·공용수공급을 목적으로 하구둑이 건설된 사실이 반영하듯이 개발압력이 높은 하구이며, 우리나라의 대표적 철새도래지로서 천연기념물 179호로 지정된 을숙도가 인접해있어 환경단체의 '자연보호'압력 또한 크다. 그림 1은 적용대상지역인 낙동강하구둑을 나타낸 것이다.

\* 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 수자원환경연구소 선임연구원 · E-mail : sjlee@kwater.or.kr

\*\* 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 수자원환경연구소 공동연구원 · E-mail : lucky-chance@pusan.ac.kr

\*\*\* 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 수자원환경연구소 수석연구원 · E-mail : mhhwang@kwater.or.kr

\*\*\*\* 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 수자원환경연구소 공동연구원 · E-mail : ksryoo@chungbuk.ac.kr

\*\*\*\*\* 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 수자원환경연구소 공동연구원 · E-mail : baesung@hannam.ac.kr

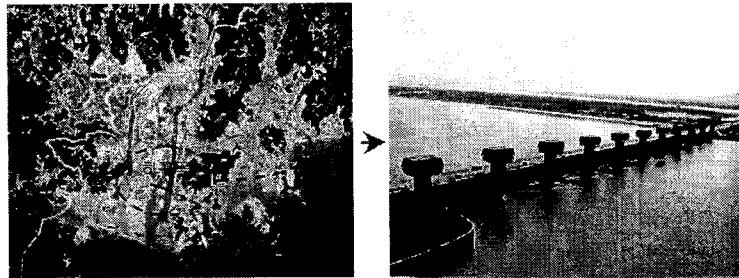


그림 1. 낙동강하구둑 위치

### 3. 수위 조정 영향 분석

#### 3.1 하구둑 수문현황 및 조정

낙동강 하류의 조위변동은 약 SMSL(Standard Mean Sea Level)  $-0.5 \sim 1.4m$ 로 하루 2회 간·반조가 발생하는데 낙동강 하구둑 운영관리메뉴얼(2004, 한국수자원공사)에 따르면 그림 2와 같이 하구둑 상류의 수위는 SMSL  $+0.75 \sim 1.25m$ 에서 운영하도록 추천하고 있다. 또한 염수침입을 방지하기 위하여 그림 3과 같이 상·하류 수위차가 0.2m 이하일 경우 주배수문과 우안배수문을 폐쇄하는데 이때의 담수충격으로 인하여 해역의 염분농도가 급변하고, 기수역 생태계의 교란이 야기되고 있다.

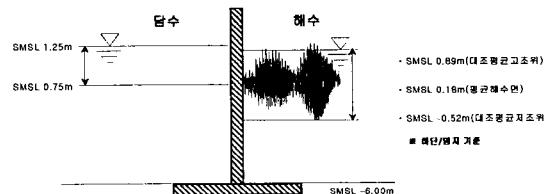


그림 2. 하구둑 운영수위

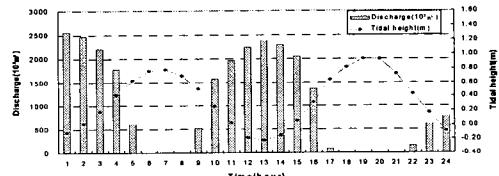


그림 3. 조수에 따른 하구둑 수문개방 및 폐쇄(2005. 6. 4)

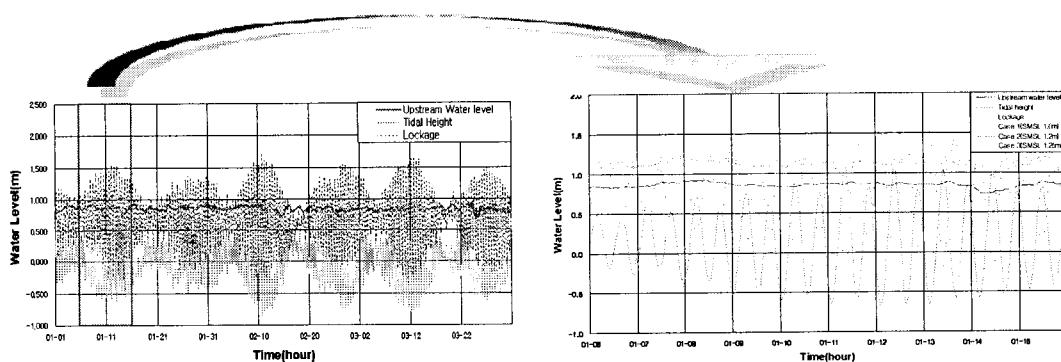


그림 4. 운영 수위 변화 분석을 위한 case 구분(SMSL 1.0  $\sim$  1.25m)

따라서 그림 4와 같이 하구둑 내측 수위를 SMSL 0.8m에서 SMSL 1.0  $\sim$  1.25m로 변화시켜 세 가지 case로 구분하여 그 환경영향을 분석하였다.

### 3.2 지속시간변화 및 저수용량 변화 분석

수위 상향조정에 따른 수문개도율 변화를 검토하기 위하여 그림 5와 같이 과거 연별 방류지속시간을 분석하였다. 1997년 ~ 2005년 동안 월평균 방류지속시간은 416시간으로 일단위로 환산하면 208일/년으로 수문개도율은 62%였다. 그림 5와 같이 낙동강하구둑의 과거 방류지속시간을 살펴보면 연중 수문개방시간을 일로 환산했을 때 223일(2005년 기준)이었으나 수위를 0.2m 상승시켜 모의한 결과 방류 지속시간이 60일 증가하는 것으로 분석되었다. case별 방류지속시간으로 상류수위를 0.1 ~ 0.25m 상향조정했을 때 수문개도율은 현재 67% ~ 81%(293일) 증가하는 것으로 분석되었다. 이에 따라 단위시간당 방류량은 7% 감소되지만 일평균 방류지속시간은 14.7시간에서 15.8시간으로 증가하여 하류부에 지속적인 담수 공급이 가능할 것으로 판단되며 이에 따라 담수 충격을 완화하고 해수와 담수가 원활히 혼합되어 어류생태계 보호효과가 클 것으로 기대된다. 이러한 수문운영개선에 의하여 상시 방류시스템에 균집할 수 있으며, 이는 하구 전면해역의 해수와 담수의 혼합시간 및 강도를 적절하게 유지시키는 효과를 가져 오는 것으로써 자연상태로의 복원이라는 견지에서 의의가 크다.

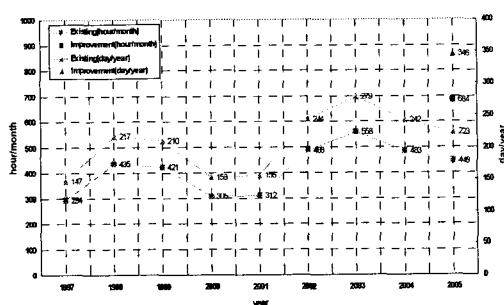


그림 5. 과거 연도별 방류지속시간

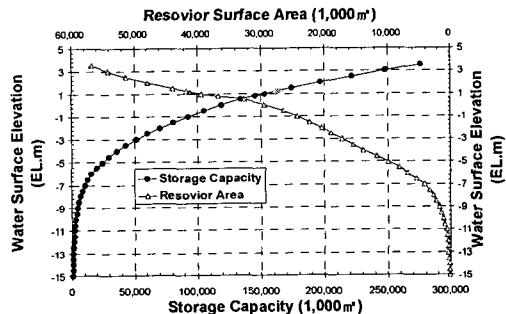


그림 6. 낙동강하구둑 수위-저수용적 관계곡선

저수용량 분석을 위하여 낙동강 하상단면(하구둑 ~ 남지교, 약 60km 구간) 지형자료를 이용하여 하구호의 수위-용적 관계곡선을 그림 6과 같이 작성하였다. 담수위 상향조정결과 이로 인해 저수용량은 현행(109백만톤) 보다 약 1.5% ~ 5.3%(2백만톤 ~ 6백만톤)증가할 것으로 분석되었다. 낙동강하구둑은 연간 약 2,263,000m<sup>3</sup>/day(2005년 기준) 취수하여 인근 지역으로 생·공·농업용수를 공급하고 있다. 이것이 안정적 용수취수에 지장을 주는 것은 아니지만 담수역의 수위를 상향조정하게 되면 염분 침입에 대한 취수 안전도는 이전보다 더 향상될 것으로 판단된다.

### 3.3 수위변화에 따른 수질영향 모의

낙동강하구둑의 수위 조정에 따른 하구역의 수질변화에 대한 영향을 분석하고자 2차원 수리 및 수질 수치모형인 CE-QUAL-W2를 이용하여 모의하였다. 모형 적용 범위는 진동 지점(상류)부터 낙동강 하구둑으로 총 연장 약 80km 구간으로서 지형자료는 낙동강 HEC-RAS 자료를 이용하여 130개의 소구간으로 구분하여 입력치를 구성하였다. 수위조건은 운영시나리오에 따라서 EL. 0.8m, 0.9m, 1.0m, 1.1m를 유지한다고 가정하였고 경계조건은 낙동강 본류부 진동지점과 유입하천인 밀양강, 양산천의 2005년 수질 및 유량자료를 사용하였다.

수질 모의 결과 삼랑진, 하단지점에 대하여 비교해 보면, 그림 7과 같이 운영 개선전과 비교하여 월별로 BOD 0.00 ~ 0.04mg/L, COD 0.00 ~ 0.05mg/L의 차이를 나타내고 있으며, 전기간 평균의 경우 BOD 0.00mg/L, COD 0.00 ~ 0.01mg/L로 수문 운영 변화에 따라 하구호의 수질영향은 거의 나타나지 않는 것으로 분석되었다.

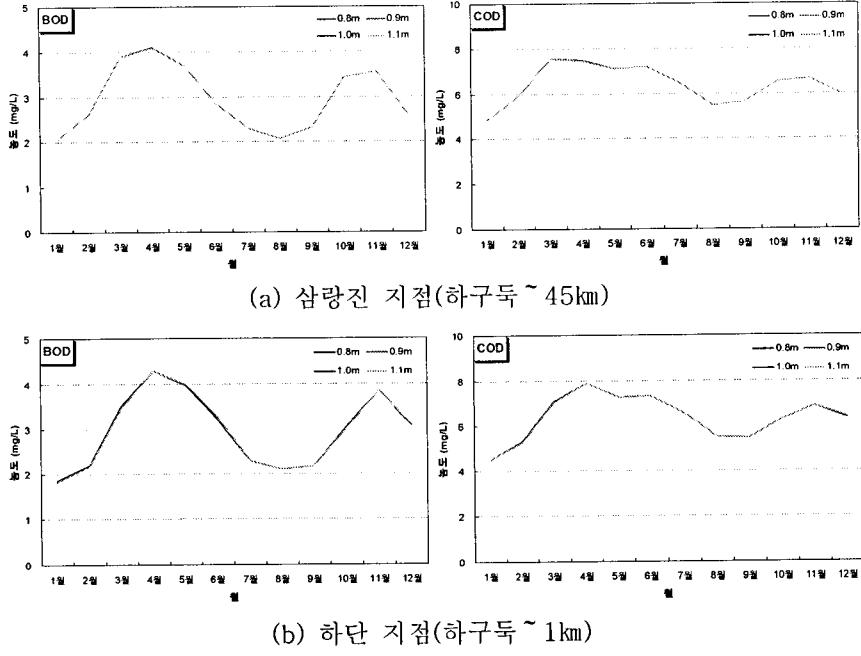


그림 7. 월별 수질모의결과

수위조건을 변경하여 운영하는 경우 일부 구간에서는 수질변화가 예상되나 전구간을 대상으로 하는 경우 그 영향이 미미한 것은 수위조건이 변경됨에 따른 체류시간의 변화가 최대 0.3일에 불과(수위조건이 0.8m, 1.1m인 경우 각각 4.1일, 4.4일)하여 수체 내에서의 분해 및 내생부하의 생성 등의 영향을 미치기에 충분한 시간이 아니기 때문인 것으로 판단되며, 향후, 모의 결과를 바탕으로 수문운영 조건 개선(유지수위 상향조정 및 방류방식 변경(underflow→overflow)에 따른 수질변화 실측을 통해 검증이 필요하며, 추가로 수위조건을 변경을 통해 방류지속시간은 223일/년(2005년 기준)보다 약 8%(17일) 증가해서 하류 생태계 담수 충격을 완화(일평균 방류지속시간은 14.7시간에서 15.8시간으로 증가)하고 향후, 기수역 확대범위 및 어류이동 현황 등 생태조사를 병행하여 상시 방류 시스템 전환에 따른 환경개선효과를 검증해야 한다.

### 3.4 염분농도 변화

수위 상승에 따른 방류량 및 방류시간의 변화가 낙동강하구 기수역의 염분도에 끼치는 영향을 분석하였다. 2005년 9월 ~ 10월의 낙동강하구 방류량 및 염분도 data를 이용하여 방류량이 일정(약 10,000m<sup>3</sup>)할 때 방류 지속시간이 커짐(2.1 ~ 20.1ppt)에 따라 발생하는 염분도 변화의 추이를 관찰한 결과 그림 8과 같이 동일한 방류량에서 방류지속시간이 큰 경우의 염분도가 높은 것으로 분석되었다. 이것은 하구둑 운영수위를 상승시켰을 때 단위시간당 방류량은 감소하지만 일평균 방류지속시간은 증가하여 하구둑 하류의 급격한 염분농도 변화를 완화시키는 효과를 가져 온다. 지속적인 담수공급은 식물플랑크톤의 증식을 촉진시키고 동물플랑크톤과 치어 등이 서식하는데 좋은 환경이 된다. 이와 같이 안정된 기수역이 확보되면 저서생물 및 회유성 어류 종의 다양화로 인한 철새의 먹이사슬이 총족됨으로써 개체의 안정화와 생태환경 개선에 기여할 것으로 판단된다.

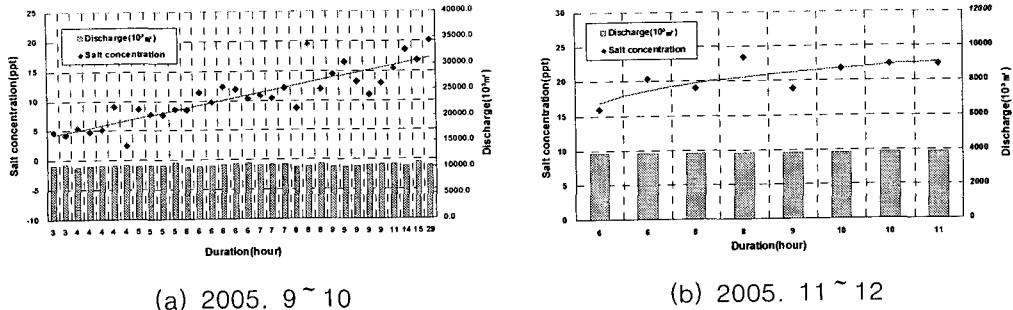


그림 8. 방류지속시간별 염분 변화

#### 4. 결 론

본 연구는 우리나라 4대강 중에서 국내유일의 조석/파랑 혼합 삼각주 형태의 하구인 낙동강 하구둑을 대상으로 하여 효율적인 수문운영을 통해 해역에 지속적으로 담수를 공급하여 기수역을 확보할 수 있는 방안을 모색하고자 하구둑 수위조정에 따른 수질 및 염분도 변화에 대하여 분석하였다. 그 결과 수위의 상향조정으로 인하여 수문개방 확률을 95% 이상 증가 시킬 수 있는 것으로 분석되었고, 상시 방류를 통하여 기존의 담수충격을 상당히 완화할 수 있을 것으로 판단된다.

수위 조건을 변경하여 수문을 운영하는 경우 일부 구간에서는 수질변화가 예상되나 전구간을 대상으로 하는 경우 수위조건 변경에 따른 채류시간의 변화가 최대 0.3일에 불과하여 수체 내에서의 분해 및 내생부하의 생성 등이 원활하지 않기 때문에 그 영향이 미미한 것으로 분석 되었고, 지속적인 방류로 인한 염분도 변화를 분석한 결과 2005년 9월 ~ 10월의 하구둑 방류량과 염분도 data를 이용하여 방류량이 일정(약10,000m<sup>3</sup>) 할 때 방류 지속시간이 변함(2.1 ~ 20.1ppt)에 따라 염분도가 비례하여 증가되었다. 이것은 하구둑 수위를 상승시켰을 때 단위시간당 방류량은 감소하지만 일평균 방류지속시간은 증가하여 하구둑 하류의 급격한 염분농도 변화를 완화시키는 효과를 가져와 하구의 물리환경을 개선하는데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 감 사 의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보 기술개발사업단의 연구비지원(과제번호: 1-6-2)에 의해 수행되었습니다.

#### 참 고 문 헌

1. 한국수자원공사 부산권관리단(2005). “낙동강 하구둑 관리연보”
2. 한국수자원공사 부산권관리단(2004). “낙동강 하구둑 운영관리 매뉴얼”
3. 홍석진, 이대인, 김동명, 박청길(2000). “낙동강 하구역에서의 단순 박스모델에 의한 물질수지”, 한국해양환경공학회지, 3(3), pp. 50 ~ 57.
4. Yu, H. S. and Lee, J., Kang, H. J., Kang, S. R., Choi, K. S. and Kim, J. S(1993). “Lateral spreading of a river plume and transport of suspended sediments in the Nakdong estuary”, J. Kor. Soc. Coast. Ocean. Eng., 5(4), pp. 296 ~ 301.
5. Yu, H. S. and Lee, J(1993). “A hydrodynamic solution for the lateral spreading of a river plume”, J. Kor. Soc. Coast. Ocean. Eng., 5(4), pp. 302 ~ 306.
6. Dickinson, W.T.(1967). "Accuracy of discharge determination." Hydrology paper No. 20, Colorado State Univ., Fort Collins, Colo.