

# IHA를 이용한 댐직하류 하천의 수문변화 특성 분석

장창래 \*, 김준태 \*\*

Chang-Lae Jang, Joon-Tae Kim

---

## 요 지

댐은 사회경제적으로 다양한 편익을 제공하고 있지만, 댐을 철거하자는 많은 NGO와 다른 환경단체들이 주장하는 생태비용의 이유로 최근에 재평가를 시행하고 있다. 댐 건설로 인한 유사의 차단과 침투 홍수량의 감소는 하천의 장갑화와 유사의 하구이송을 감소시켜 댐 직하류 하천에 영향을 미치고 있다. 이러한 직·간접적인 영향들은 하도 내에 물리적 서식처 형성, 생태학적 연관성, 이로 인해 하천지형학에서의 변화를 초래하게 된다. 댐 운영이 하류의 하도 및 생태계에 미치는 영향 정도를 정량화하는데 있어 기존의 단순한 유황 분석을 통한 갈수량, 저수량, 평수량, 풍수량은 댐으로 인한 하류 하천의 영향을 정량적으로 분석하는 데는 한계가 있다.

따라서 본 연구에서는 다양한 수문변화를 정량적으로 계산할 수 있는 IHA(Indicators of Hydrologic Alteration) 모형을 이용하여 합천댐 직하류 하천의 수문변화 특성을 분석하였다. 댐의 유입량과 방류량을 비교한 결과, 대체적으로 홍수기(6월~9월)에는 댐에 의한 유량 조절효과로 침투량이 감소하였으며, 그 이외의 월 평균유량은 증가하여 유황이 개선되는 경향을 나타냈으며, 수문변화율은 댐의 방류량이 유입량보다 작게 나타났다.

본 연구에서 산정된 수문특성 변화 지표는 댐 유역의 치수, 이수, 환경생태적인 변화를 종합적으로 이해하고 적용하는데 있어, 댐 운영을 최적화하거나 효과적으로 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

**핵심용어 : 수문변화지표, 댐, 유황분석**

---

\* 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 선임연구원 : cljang@kwater.or.kr

\*\* 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 연구원 : choinjoontae@naver.com

## 1. 서론

댐은 홍수기에 일시적으로 하류의 필요량을 초과하는 유량을 저장하여 수력발전이나 각종 용수공급 등에 이용함으로써 수자원의 가치를 높이는 유용한 역할을 하고 있다. 그러나 홍수기 하류하천은 침투 홍수량이 감소하고 갈수기에 지속적인 유량공급으로 저유량이 증가하는 등 필연적으로 하도와 홍수터의 형태, 생태계의 변화를 일으킨다(Craing, 1999; Ward와 Stanford, 1984). 이러한 댐에 의한 하류의 영향은 유량, 유사, 수질, 수온 등의 변화에 불연속으로 나타난다. 즉, 댐에 의해 하천의 연속성이 차단되어 이차적으로 하도 내에서 사주의 식생활착, 침식, 소멸 등의 변화를 초래하여 저수로의 형태를 변화시키며 하천을 서식처로 하는 생물뿐만 아니라 제방, 취수장, 교량 등의 하천시설물에 많은 영향을 미치게 된다(Ward와 Stanford, 1983). 특히 댐으로 인한 유사의 차단은 하류하천의 하상을 저하시켜 하류구간에서의 장갑화 현상과 지천의 두부침식으로 인한 수중생태계의 서식처 변화를 가져오게 하는 원인이 된다. 또한 하류에 영향을 미치는 정도는 댐의 규모, 운영형식, 운영전략, 저수지형태, 직하류구간, 수문, 기상 등의 다양한 요인에 의해 결정된다(Williams와 Wolmen, 1984).

본 연구에서는 32개의 수문변화를 정량적으로 계산할 수 있는 IHA(Indicators of Hydrologic Alteration) 모형을 이용하여 합천댐에서의 유입량과 방류량을 일 수문자료로 이용하여 합천댐에 의한 직하류 하천의 수문변화에 대해 연구하였다.

## 2. 수문특성 변화지표(Indicators of Hydrologic Alteration)

### 2.1 IHA 모형의 개요

IHA 모형은 자연특성과 변화된 수문레짐의 계산을 쉽게 이용하기 위하여 The Nature Conservancy (TNC)사에서 개발되었으며, 하천유량이나 수위, 지하수위, 저수지 수위 등과 같은 일 수문량을 입력자료로 이용하여 수행할 수 있다. IHA는 총 67개의 통계적 매개변수들을 계산할 수 있으며 크게 IHA 매개변수와 환경유량 매개변수로 구분된다. 이러한 IHA는 생태적인 수문 매개변수들을 다루기 쉬운 시계열로 일 수문자료의 장기간에 대해 유형별로 요약할 수 있다.

### 2.2 수문레짐의 특성

IHA 모형은 연 수문변화에 대해 통계적으로 특징지어지는 주요한 5그룹 안에 생물학적으로 밀접한 33개의 수문매개변수들을 기초로 두고 있다.

#### - 규모(The magnitude)

일정시간에 따른 수문조건인 규모는 서식처의 유효성 측정이나 타당성과 서식처의 특성, 습지대, 서식처 규모, 지하수위가 존재한 습지, 하안식생이 번식하는 지역에서의 범위.

#### - 시기(The timing)

수문조건별 발생하는 시기는 스트레스의 정도나 홍수와 가뭄과 같은 극심한 수문조건에 영향을 미칠 수 있는 생태계 요구를 결정할 수 있음.

#### - 빈도(The frequency)

가뭄이나 홍수와 같은 뚜렷한 수문조건이 발생하는 빈도는 다양한 종을 위한 번식이나 극치사상과 연계할 수 있고, 그로인해 개체군에 영향을 미침

#### - 기간(The duration)

뚜렷한 수문조건인 기간은 개개의 life-cycle 형상을 이끌어 내거나 범람, 고갈현상을 짐작할 수 있는 결과들은 단계별로 결정할 수 있음.

#### - 변화율(The rate of change)

수문변화율은 강가나 연못에서의 퇴적된 곳에 유기체의 생성이나 물공급으로 인한 지탱하려는 식물 뿌리 흡착력과 연계할 수 있음.

### 3. 수문특성 변화의 산정

#### 3.1 황강과 합천댐 현황

황강은 낙동강의 제 1지류로 금강유역과 분수령을 이루는 덕유산과 삼봉산에서 발원하여 합천군 청덕면 적포리 지점에서 낙동강 본류와 합류한다. 황강의 유역면적은 1,326 km<sup>2</sup>, 유로연장은 116.9 km이다. 황강 유역의 상류에 위치한 합천댐은 콘크리트 중력식 댐으로 댐의 길이 472.0 m, 댐 높이 96.0 m으로 유역면적 925.0 km<sup>2</sup>, 총 저수용량 790 × 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> 으로 1989년에 완공되었다.

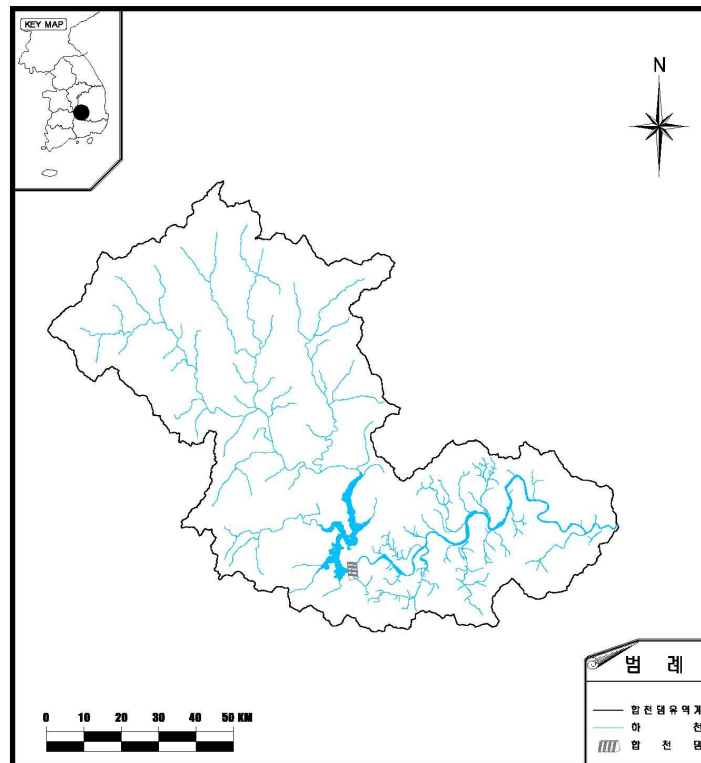


그림 1. 황강 유역도

#### 3.2 입력자료 구성

본 연구에서는 합천댐의 건설 전과 후의 수문변화에 파악하고자 합천댐 하류에 위치한 죽고수위표의 자료를 이용하여 합천댐에 의한 수문변화를 분석한 결과 죽고수위표의 결측된 자료와 결측 보완으로 결과에 대한 신뢰성이 떨어져, 1989년부터 2007년까지 합천댐의 일 유입량과 방류량의 일 유량자료를 이용하였다.

#### 3.3 수문변화지표의 산정 결과

합천댐의 일 수문자료(1989~2007)를 이용하여 일 평균유량과 월별 평균유량을 나타냈으며, 산정결과 합천댐의 조절된 방류수로 인하여 평균유량은 유입량보다 방류량이 전반적으로 감소되었으며, 홍수기인 6~9월에 많은 유량이 집중되는 계절적인 경향을 나타내고 있다(그림 2). 이중 7월의 평균유량을 검토한 결과 댐 유입량은 64.4 m<sup>3</sup>/s이고, 댐 방류량은 22.8 m<sup>3</sup>/s로 크게 개선되어 합천댐에 의한 치수효과를 나타냈다.

다양한 기간의 연 극치(최대, 최소) 규모로, 1, 3, 7(매주), 30(매월), 90(계절별)일의 최대 유량, 최소유량을 산정하는 10개의 매개변수로 구성되어 있으며, 이중 1일 최대유량과 최소유량을 나타낸 것으로, 1일 평균 최소유량은 유입량은 0.5 m<sup>3</sup>/s, 방류량은 4.1m<sup>3</sup>/s로 나타났으며, 1일 평균 최대유량은 유입량은 639.9

$m^3/s$ , 방류량은  $119.3 m^3/s$ 로, 합천댐에 의해 점점 감소되는 것으로 나타났다.

과거 수문자료를 이용하여 가뭄과 홍수의 시기를 산정하고 예측하는 지표로서 율리우스 일(Julian Day)로 나타낸다. 최소유량의 평균 Julian Day는 유입량은 142 일이고, 방류량은 181 일로 나타났다. 반면에 최대유량의 평균 Julian Day는 유입량은 219 일이고, 방류량은 195 일이다.

Flood Pulse에서 유입량의 Low Pulse 23 개와 지속기간은 4.4 일, 방류량의 Low Pulse 1 개와 지속기간 2.7 일로 나타났으며, 유입량의 High Pulse 6 개와 지속기간은 2.8 일, 방류량의 High Pulse 4 개와 지속기간 8.8 일로 나타났다.

수문변화의 상승률과 감소율에서 유입량과 방류량의 상승률은 각각 18.61 %와 3.61 %로 유입량의 수문변동이 더 크게 나타났다. 또한 감소율은 각각 -11.91 %와 -3.56%로 나타났다.

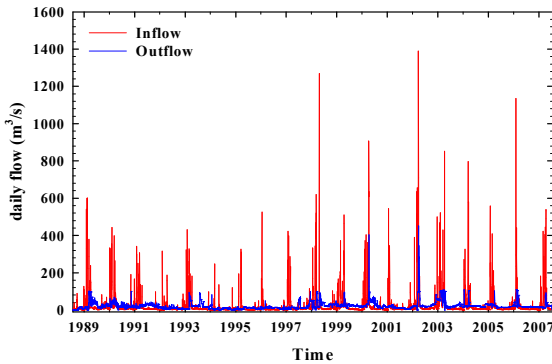


그림 2. 일 수문변동(1989~2007)

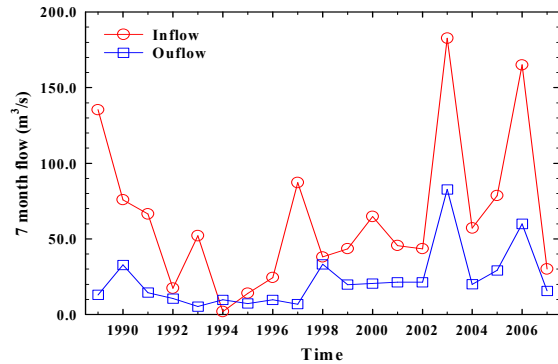


그림 3. 월 평균유량(7월)

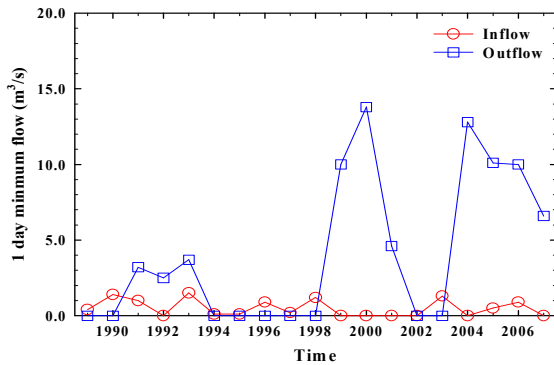


그림 4. 평균 1일 최소유량

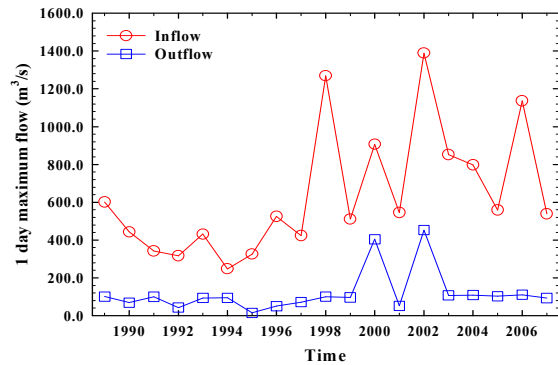


그림 5. 평균 1일 최대유량

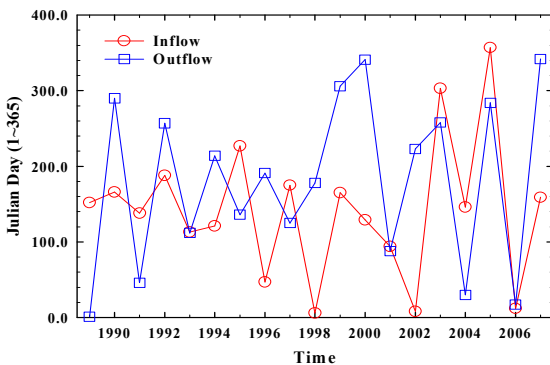


그림 6. 최소 Julian Day

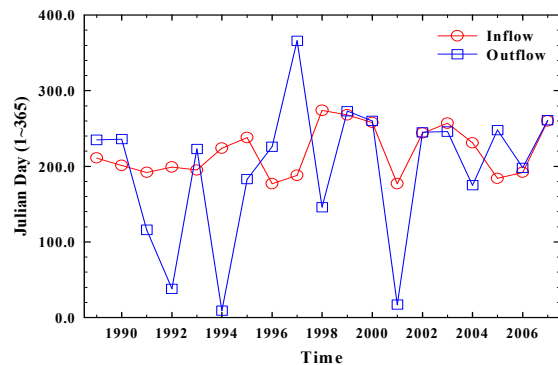


그림 7. 최대 Julian Day

## 4. 결론

합천댐으로 인한 수문변화를 평가하기 위하여 IHA 모형을 적용하여, 1989년부터 2007년까지 합천댐의 일 유입량과 일 방류량의 수문자료를 이용하여 합천댐에 의한 수문변화를 검토하였으며, 그 내용은 다음과 같다.

- 1) 합천댐 유역의 월별 평균 유량을 산정한 결과, 합천댐 건설 후 조절된 방류수로 인하여 평균유량은 전반적으로 감소되었으며, 홍수기에 많은 유량이 집중되는 계절적인 경향을 나타냈다. 이중 7월의 평균유량에서 유입량은  $64.4 \text{ m}^3/\text{s}$ , 방류량은  $22.8 \text{ m}^3/\text{s}$ 로  $41.6 \text{ m}^3/\text{s}$ 가 감소되었으며, 특히 고유량에 있어서, 댐은 치수효과가 있는 것으로 나타났다. 하지만 저빈도의 홍수는 유입량보다 발생빈도가 적게 나타났다.
- 2) 합천댐 유역의 극치 수문량에 있어서, 각각의 최소, 최대유량을 산정한 결과, 전반적으로 유입량이 방류량보다 최소유량과 최대유량이 높게 나타났으며, 1일 평균 최소유량의 경우 유입량은  $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ , 방류량은  $4.1 \text{ m}^3/\text{s}$ 로 변동 범위가 그리 크지는 않지만, 최대유량의 경우 유입량은  $639.9 \text{ m}^3/\text{s}$ , 방류량은  $119.3 \text{ m}^3/\text{s}$ 로 변동 범위가 크게 나타났다.
- 3) 가뭄과 홍수의 시기를 산정하고 예측하는 지표인 Julian Day를 산정한 결과, 유입량의 최소유량 평균 Julian Day는 142 일이고, 방류량의 최소유량 평균 Julian Day는 181 일로 나타났다. 반면에 최대유량의 평균 Julian Day는 각각 219 일과 195 일로 나타났다.
- 4) 합천댐 유역의 Low pulse와 High pulse의 빈도와 기간을 산정하였다. 유입량의 Low pulse의 수는 23 개와 그 지속기간은 4.4 일로 나타났으며, 방류량의 경우 Low pulse의 수는 1 개와 지속기간 2.7 일로 나타났다. High pulse 경우 유입량은 6 개와 2.8 일, 방류량은 4 개와 8.8 일로 나타났다.
- 5) 합천댐 유역의 수문변화 상승률과 감소율을 의미하는 수문변화율에 있어서, 유입량의 상승률은 18.61 %, 방류량의 상승률은 3.61 %로 유입량의 수문변동이 더 크게 나타났으며, 감소율은 각각 -11.91 %와 -3.56 %로 나타났다.

금회 산정된 수문특성 변화 지표는 향후 합천댐 유역의 치수측면의 관리뿐만 아니라 환경생태적인 변화와 적응에도 효과적으로 연계하여 운영될 것으로 기대한다.

## 감사의 글

본 연구는 건설교통부 및 한국건설교통기술평가원 건설핵심기술연구개발사업의 연구비지원(06건설핵심 B01)에 의해 수행되었습니다.

## 참고문헌

1. 건설교통부, 부산지방국토관리청, (2003), 황강 하천정비 기본계획
2. Craig, J. F. (1999), "Large Dams and Freshwater Fish Biodiversity." Dams and Development: A New Framework for Decision-Making, the World commission on Dam, ed., Earthscan Publications, Virginia, USA
3. Nature\_Conservancy. (2003). "Indicators of Hydrologic Alteration(IHA): Software for Understanding Hydrologic Changes in Ecologically-Relevant Terms."
4. Williams, G. P., and Wolman, M. G. (1984). "Downstream Effects of Dams on Alluvial Rivers." U.S Geological Survey Professional Paper, Washington, D.C.