

# 댐 운영이 하류하천에 미치는 영향권 범위 설정에 관한 연구

## A Study on the Effect Range Due to the Dam Operation at the Downstream Channel

박봉진\* / 김재윤\*\* / 이삼희\*\*\* / 정관수\*\*\*\*  
Park, Bong Jin / Kim, Jae Yun / Lee, Sam Hee / Jung, Kwan Sue

### 요    지

댐 운영이 하류하천의 하도와 생태계에 미치는 영향권 범위를 설정하고, 영향정도를 정량화하고자 하는 연구는 그 중요성에도 불구하고 상당히 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 댐 운영이 하류하천에 미치는 영향을 지형학적, 수리·수문학적, 환경·생태학적, 사회적 영향권으로 구분하여 다각적인 측면을 고려한 댐 하류하천 영향권 범위 설정 기준을 제시하고자 한다. 첫째, 지형학적인 영향권 범위는 댐으로 인한 유사 공급 차단, 토지공급 능력 감소와 하상변동, 하상의 장갑화 현상과 같은 하상토 대표입경의 변화 등으로 설정한다. 둘째, 수리·수문학적인 영향권 범위는 홍수파 전달, 하도의 홍수조절효과, 홍수조절비, 유황변동 등으로 설정한다. 셋째, 환경·생태학적인 영향권 범위는 수질 변화, 하도내 식생분포 변화, 어류서식처 변화 하천 코리도의 토지이용 변화 등으로 설정한다. 그리고 홍수량에 따른 댐 하류하천의 홍수범람지구 및 댐 방류로 인한 하류하천 홍수소통 장애요인 등의 요인에 의한 사회적 측면에서의 영향권 범위를 설정한다. 본 연구에서 제시하고자 하는 영향권 범위 설정방법은 정성적인 의미가 크다. 따라서 댐 운영이 하류하천에 미치는 영향요인을 세부적하고 정량화 하는 연구가 지속적으로 시행되어야 할 것이다.

핵심용어 : 댐 영향권범위, 유사이동, 생태계, 서식처

### 1. 서 론

대규모 댐의 건설은 하천에 있어서 고유의 수리·수문과 환경·생태적인 변화의 원인을 제공하게 된다. 국내의 댐이 하류 하천에 미치는 영향에 관한 연구는 김태균 등(2002)의 댐건설에 따른 하류 유황변화 분석, 이진원 등(1993)의 댐건설로 인한 5대강 수계 본류의 유황변화 분석 등의 주로 댐 건설에 따른 하천 유황의 변화에 관한 연구가 시행 되었으며, 지홍기 (2004)의 댐 하류 하천의 유황 및 하상변동과 식생역 발달에 따른 홍수소통능력 저감 특성, 우효섭 등(2004)의 황강에서의 사주 식생활착과 침식에 대한 조사연구, 박봉진 등(2005)의 영천댐 건설이 어류 생태계에 미치는 영향에 관한 연구 등이 시행된 바 있다. 지금까지 댐의 건설과 운영이 하천에 미치는 영향에 관한 연구는 주로 유황변화, 하상변화, 어류서식처 변화 등 상당히 제한적으로 연구되어 왔다. 그러나 댐 운영이 하류하천의 하도와 생태계에 미치는 영향권 범위를 설정하고, 영향정도를 정량화하고자 하는 연구는 그 중요성에도 불구하고 상당히 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 댐 운영이 하류하천에 미치는 영향을 지형학적, 수리·수문학적, 환경·생태학적, 사회적 영향권으로 구분하여 다각적인 측면을 고려한 댐 하류하천 영향권 범위 설정 기준을 제시하고자 한다.

\* 정회원·한국수자원공사 수자원관리처 하천관리팀 팀장, 수자원개발기술사 E-mail : bongjinpark@kwater.kr

\*\* 정회원·한국수자원공사 수자원관리처 하천관리팀 과장 E-mail : jykim@kwater.kr

\*\*\* 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구부, 수석연구원 E-mail : samhee.lee@kict.re.kr

\*\*\*\* 정회원·충남대학교 공과대학 토목공학과, 부교수 E-mail : ksjung@cnu.ac.kr

## 2. 댐 하류하천에 미치는 영향

댐 건설은 홍수시 유량조절 통하여 수력발전, 관개 등에 이용 함으로 수자원의 가치를 높이는 유용한 역할을 하고 있다. 그러나 댐 건설로 인하여 하류하천에 홍수기 첨두홍수량이 감소하고 지속적인 유량공급으로 갈수시 저유량 증가하는 등의 급속한 유황변화가 발생된다. 이러한 유황변화는 하도내 사주의 식생활착, 침식, 소멸 등의 변화를 초래하고 저수로의 형태를 변화시켜서, 하천을 서식처로 하는 생물뿐만 아니라 제방과 취수장, 교량 등의 하천시설물 등에도 많은 영향을 미치게 된다. 또한 댐으로 인한 유사의 차단은 하류하천의 하상을 저하시켜 직하류 구간의 장갑화현상과 지천의 두부침식으로 인한 수생태계 서식처의 변화를 초래하게 된다. 그러나 댐 운영이 하류하천의 하도와 생태계에 미치는 영향정도를 정량적으로 평가하고, 그 영향을 분석하여 제시하기에는 많은 어려움이 따른다.

Klaus Jorde는 댐건설에 따른 하류 하천의 영향은 순차적으로 분류하여 Fig. 1과 같이 도식화하여 제시하고 정량화된 지표로 평가하고자 하였다(2006). Klaus Jorde는 우선적으로, 1차 영향은 댐의 건설에 따라 즉시 발생하는 물리적 반응으로, 첫째 유황변화, 둘째, 댐내 흐름지체와 댐내 유동에 의한 수질변화, 셋째, 유사공급 변화로 대표할 수 있다. 2차 영향은 1차 영향에 의한 하류하천의 물리적인 변화로부터 나타나는 수심, 유속 및 소류력의 변화, 유사 크기 및 구성의 변화 등이 해당된다. 3차 영향은 생물학적 영향 또는 생태학적 응답으로써 2차 영향과 같은 물리적인 변화에 의한 어류군집의 변화 등이 이에 해당한다. 4차 영향은 2차 영향과 3차 영향을 자체적으로 수용하고 변화시킬 수 있는 생물학적 반응으로써, 식생의 성장으로 홍수터의 조도계수가 변하고 이에 따라 하도의 구조가 변화하는 것을 의미한다.

## 3. 댐의 영향권범위 설정

본 연구에서는 국내에 아직까지 연구 및 적용 사례가 없는 댐의 영향권 범위 설정을 위하여 몇 가지 방법을 제시하고 한다. 본 연구에서 댐의 영향권 범위를 설정하는 방법으로 지형학적, 수리·수문학적, 환경·생태학적, 사회적 영향권 등으로 구분하여 제시하고자 하였다.

### 3.1 지형학적 영향권 범위 설정

지형학적 영향권 범위 설정은 하상변동에 따른 영향요인과 댐 하류하천 하상토의 입도분석에 의한 영향요인으로 구분할 수 있다. 하상변동에 따른 지형학적 영향요인으로 댐 건설 후 유사 공급이 차단되는데 비해 지속적으로 세줄이 발생하여 하상 장갑화 현상이 나타나고, 댐의 홍수조절로 인해 토사이송 능력이 감소하여 댐 하류유역에서 유입한 토사의 퇴적이 발생한다. 따라서 이러한 하상변동 및 그에 따른 지피상황이 현저히 변화된 지점까지를 영향권 범위로 설정할 수 있다.

댐 하류하천 하상토의 입도분석은 하상토의 입도분포와 중앙입경( $D_{50}$ )의 종방향 분포 검토를 통하여 평균 중앙입경 보다 큰 중앙입경이 관측되는 구간까지를 댐 하류하천 영향권 범위로 설정할 수 있다. 중앙입경이 일정한 값 이상으로 관측된 구간까지를 댐 하류하천 영향권 범위로 설정하고, 하상입자의 크기가 일정한 값 이상으로 관측된 구간까지를 댐 하류하천 영향권 범위로 설정할 수 있다.

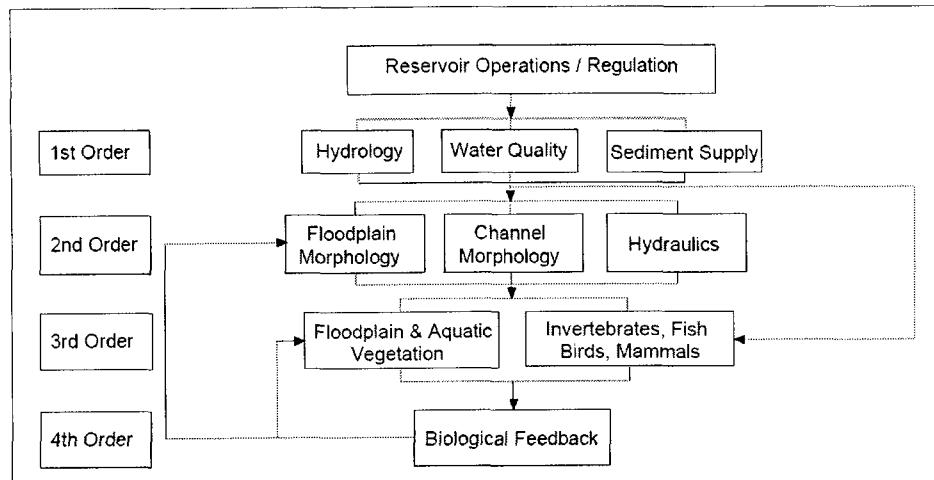


Fig. 1. Order of Impact Schematization

### 3.2 수리·수문학적 영향권 범위 설정

수리·수문학적 영향권 범위 설정은 홍수시 댐의 홍수조절에 의한 댐 하류지역의 효과 지표 분석과 홍수조절량비( $Q/Q_0$ ) 분석, 하상전단응력 분석, 유황변동에 따른 수리·수문학적 영향 분석 등으로 구분할 수 있다. 홍수시 댐의 홍수조절에 의한 댐 하류지역의 효과 지표 분석은 홍수조절에 의하여 효과가 발휘되는 범위는 댐 하류 전체유역이 될 수 있다. 그러나 모든 댐 하류 하천의 하도에 대하여 효과분석을 실시하는 것은 대상유역에 대한 자료의 세분화 정도 및 정밀수준과 이를 처리하기 위한 적절한 방법론의 부재로 경제적 효율성이 떨어지기 때문에, 유역내 수위 관측소와 같은 대표지점을 선정하여 댐 홍수조절에 대한 효과 분석을 실시해야 한다. 이러한 홍수조절 효과가 발휘되는 범위를 댐 하류하천 영향권 범위로 설정한다. 댐 건설전 홍수위, 댐 건설후의 조절수위, 임계수위를 정의하고 이를 수위에 따라 댐 하류지점의 위험상태 기준을 분류하며 수위조건에 따라 댐 건설 전후에 따른 수위저감 정도 검토를 통하여 댐 하류하천 영향권 범위를 설정할 수 있다.

홍수조절량비( $Q/Q_0$ ) 분석은 댐의 설계방류량( $Q_0$ )에 대한 댐하류 하도구간 계획홍수량의 비( $Q$ )가 클수록 댐의 수문학적 영향 감소되어 댐 하류하천 영향권 범위로 설정이 가능하다.

하상전단응력 분석은 HEC-RAS 등을 사용하여 흐름해석을 실시하여 유량에 따른 하상에 작용하는 전단응력을 산정하고, 하상전단응력이 급격하게 증가하는 구간까지를 댐 하류하천 영향권 범위로 설정한다. 하상입자의 운동가능성을 검토하기 위하여 무차원 하상전단응력을 산정하고 Shields의 한계전단응력도 등을 이용한 하상입자의 운동가능성을 검토한 후 하상입자의 운동이 있을 경우 향후 지속적인 장갑화 현상이 발생할 것으로 예상되는 구간을 제외한 댐 하류하천 구간을 댐 하류하천 영향권 범위로 설정이 가능하다. 유황변동에 따른 수리·수문학적 영향 분석은 평, 갈수시 하천유량 기여도가 높은 지점까지를 영향권 범위로 설정할 수 있다.

### 3.3 환경·생태학적 영향권 범위 설정

환경·생태학적 영향권 범위 설정은 하도내 식생 발달 정도의 정량적·정성적 평가, 수질 및 하천생태계 변화에 따른 환경·생태학적 영향 분석을 고려하여 설정 할 수 있다.

하도내 식생 발달 정도의 정량적·정성적 평가는 사주의 크기, 위치, 형성형태, 하상구조, 식생 군락형태 등 조사·분석하여 댐 하류의 하상을 상류로부터 세립토의 공급이 중단되어 하상의 표

면이 조립화 되는데 이것은 유수로부터 하상을 안정화시켜 식생활착에 도움을 주고 식생피복의 면적을 증가시키게 되므로 댐 건설 전·후의 항공사진 판독을 통한 식생피복의 면적을 지표로 사용 가능한다. 수질, 하천생태계 변화에 따른 환경·생태학적 영향 분석은 종다양성 등 환경·생태학적 변화가 현저한 지점까지를 영향권 범위로 설정할 수 있다.

### 3.4 사회적 영향권 범위 설정

사회적 영향권 범위 설정은 홍수량에 따른 댐 하류하천의 홍수범람지구 분석을 통한 사회적 영향 분석과 댐 방류로 인한 하류하천 홍수소통능 장애요인 등 댐 운영에 따른 제약현황을 반영한 영향권 범위로 설정으로 구분할 수 있다.

홍수량에 따른 댐 하류하천의 홍수범람지구 분석을 통한 사회적 영향 분석은 홍수피해 방지면 익이 발생된 지점까지를 영향권 범위로 설정한다. 댐 방류로 인한 하류하천 홍수소통능 장애요인 등 댐 운영에 따른 제약현황을 반영함으로써 영향권 범위를 설정할 수 있다.

또한 사회적인 영향 범위는 댐이 사회적으로 미치는 영향요인으로 댐의 건설로 인하여 댐과 관련된 여러 가지 변화 요인을 들 수 있다. 우선적으로 행정적인 구분으로 그 지역에 댐이 존재가 도로 표지판이 변경되고, 지역관광 안내도, 지자체의 국가 주요 관리시설물에 포함되는 등 댐을 가지고 있는 지역의 많은 변화를 가져오게 된다. 댐의 존재는 직·간접적으로 그 지역 사회에 많은 영향을 미치게 된다.

Table. 1. The Index of the Dam Operation Effect Range

지 표	영향요인
지형학적 영향권 범위	하상변동에 따른 영향 요인
	댐 하류하천 하상토의 입도분석에 의한 영향요인
수리·수문학적 영향권 범위	홍수시 댐의 홍수조절에 의한 댐 하류지역의 효과 지표 분석
	홍수조절량비( $Q/Q_0$ ) 분석
	하상전단응력 분석
	유황변동에 따른 수리·수문학적 영향 분석
환경·생태학적 영향권 범위	홍수량에 따른 댐 하류하천의 홍수범람지구 분석
	댐 운영에 따른 제약현황 분석
환경·생태학적 영향권 범위	하도내 식생발달 정도의 정량적·정성적 평가
	수질 및 하천생태계 변화에 따른 환경·생태학적 영향 분석

## 4. 결 론

본 연구에서는 국내에 아직까지 연구 및 적용 사례가 없는 댐의 영향권 범위 설정을 위하여 몇 가지 방법을 제시하고자 하였으며 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 지형학적 영향권 범위는 댐으로 인한 유사공급 차단, 토시공급 능력 감소와 하상변동, 하상의 장갑화현상과 같은 하상토 대표입경의 변화 등으로 설정할 수 있다.

둘째, 수리·수문학적인 영향권 범위는 홍수파전달, 하도의 홍수조절효과, 홍수조절비, 유황변동 등으로 설정할 수 있다.

셋째, 환경·생태학적인 영향권 범위는 수질변화, 하도내 식생분포변화, 어류서식처변화 하천 코리도의 토지이용변화 등으로 설정할 수 있다. 사회적 측면에서의 영향권 범위는 홍수량에 따른 댐

하류하천의 홍수범람지구 및 댐 방류로 인한 하류하천 홍수소통능 장애요인 등으로 설정한다.

본 연구에서 제시하고자 하는 영향권 범위 설정방법은 정성적인 의미가 크다. 따라서 댐 운영이 하류하천에 미치는 영향요인을 세부적하고 정량화 하는 연구가 지속적으로 시행되어야 할 것이다.

### 참 고 문 헌

- 김태균, 윤용남, 안재현 (2002). “댐 건설에 따른 하류 유황의 변화 분석.” 한국수자원학회, **한국수자원학회논문집**, 제35권 제6호, pp. 807-916.
- 박봉진, 성영두, 정관수 (2005). “영천댐 건설이 금호강의 이류 서식환경에 미치는 영향에 관한 평가.” **한국수자원학회, 한국수자원학회 논문집**, 제38권, 제9호, pp. 771-778.
- 우효섭, 유대영, 안홍규, 최성욱 (2004). “황강 하류하천의 사주 식생활착과 침식현성의 기초조사연구.” **한국수문학회, 수공학연구발표논문집**, pp. 153-158.
- 이진원, 김형섭, 우효섭 (1993). “댐 건설로 인한 5대수계 본류의 유황변화 분석.” **대한토목학회, 대한토목학회논문집**, 제13권 제3호, pp. 79-91.
- 지홍기 (2004), “댐 하류하천의 유황 및 하상변동과 식생역 발달에 따른 홍수소통능력 절감특성.” **낙동강유역의 자연친화적인 하천정비방안**, pp. 3.1.1-3.1.8. 한국수자원공사.
- Klaus Jorde, P.E. (2006). "Reservoir Operation and Ecosystem Losses." **건설기술연구원, 제2회 하천환경 국제워크샵**, pp. 41-66.