

하류 하천환경을 고려한 바람직한 댐 운영방향

Desirable Strategy of Dam Operation consider to Downstream Ecosystem

이요상*, 이광만**, 이을래***, 박진혁****

Yosang Lee, Gwang Man, Lee, Eul Lae Lee, Jin hyuk Park

요 지

댐의 조절방류가 하류 하천생태에 미치는 영향은 매우 복잡하다. 하류생물상에 미치는 영향은 댐에서의 거리, 유황의 변화크기에 따라 달라진다. 흐르는 물에 서식하는 물고기는 좋아하는 수심, 유속 및 하상재질 등을 이용하여 살아간다. 다만 생물상은 주변환경에 적응하거나 변화하는 능력이 있어 댐의 조절방류에 의한 수생태계 변화구조를 명확히 해석하기는 불가능하다(Power et al., 1988). 댐에 의한 일정방류는 생물다양성을 감소시키며, 보다 변동성이 큰 방류하천은 하천, 연안 및 생물상 변화 유도에 긍정적인 것은 사실이다. 또한 큰 규모의 홍수과는 하천지형의 동적활동을 촉진시키며, 이는 하천을 터전으로 서식하는 동물상을 위한 생태학적 여건을 개선시켜 주게 된다. 이는 주변 식생의 생태적 조건 변화에 도움을 주기 때문에 적어도 1년에 2번 정도의 홍수과방류는 하천주변 서식처의 다양성 변화에 필요한 것으로 보고되고 있다(Kondolf and Wilcock, 1996). 최근들어 댐 하류하천의 생태복원을 위해 연속적인 홍수과 방류의 중요성이 강조되고 있는데(Stanford et al, 1996) 자연하도에서 댐과 같은 구조물에 의한 유량조절은 하중도나 사주 등을 발달시키고 사주에서는 두꺼운 식생층이 형성될 뿐만아니라 수목군의 현저한 출현을 보여준다. 이렇게 사주나 식생이 고착됨에 따라 이의 저항을 피해가는 수로가 형성되고 저수로 구간외에서는 식생의 발달이 더욱 왕성해져 그 면적이 확대되고 있다. 결국 사주와 사주가 식생으로 연결되고 여기에 수목이 자라면서 웬만한 홍수에도 파괴되지 않는 거대한 식생대가 출현하게 되는데 우리나라에서도 많은 하천에서 볼 수 있는 현상이다. 또한 댐에 의한 퇴사의 차단은 하천지형의 불균형을 초래하고 식생의 발달과 함께 저수도부는 좁아지고 세굴에 의해 깊어지는 현상을 보인다. 이와같은 현상들은 수문특성의 변화에 의하여 결국 댐의 조절방류에 의한 수문 변화는 하천지형의 변화를 유발하고 하천지형의 변화는 하천환경에 변화를 미치게 된다.

본 연구에서는 실제적으로 댐이 건설된 지역에서 조사된 몇몇의 자료를 분석하여 댐건설후에 나타나는 부정적 영향을 최소화하기 위한 바람직한 댐운영방안을 제시하고자 한다.

핵심용어 : 조절방류, 수생태계, 홍수과, 식생대

1. 서 론

댐의 조절방류가 하류 하천생태에 미치는 영향은 매우 복잡하다. 하류생물상에 미치는 영향은 댐에서의 거리, 유황의 변화크기에 따라 달라진다. 흐르는 물에 서식하는 물고기는 좋아하는 수심, 유속 및 하상재질 등을 이용하여 살아간다. 다만 생물상은 주변환경에 적응하거나 변화하는 능력이 있어 댐의 조절방류에 의한 수생태계 변화구조를 명확히 해석하기는 불가능하나 댐에 의한 일정방류는 생물다양성을 감소시키며, 보다 변동성이 큰 방류하천은 하천, 연안 및 생물상 변화 유도에 긍정적인 것은 사실이다. 본 연구에서는 하천환경의 보전과 복원을 추구하면서 전체적으로는 하천생태의 다양성을 회복하고 댐의 조절방류로 인해 왜곡된 하천의 식생대와 어류 및 동식물의 서식환경을 다양화해주는 댐운영방안을 제시하고자 한다.

* 정회원 · 한국수자원공사 Kwater연구원 책임연구원

** 정회원 · 한국수자원공사 Kwater연구원 수석연구원 · E-mail : lkm@kwater.or.kr

*** 정회원 · 한국수자원공사 Kwater연구원 선임연구원

**** 정회원 · 한국수자원공사 물관리센터 책임연구원

2. 하류하천을 고려한 댐 운영사례

댐은 물을 저장하므로써 하천유량을 조절하고 인간이 필요로 하는 물 관련 요구조건을 충족시키기 위해 흐름의 자연적 분포나 시간을 변화시키므로써 자연 생태환경에 대한 진화과정을 변화시킨다. 댐은 흐름의 속도, 시간 및 빈도 등 하류의 흐름 형태를 변화시킴에 따라 퇴사와 영양물질의 형성에 영향을 주며 물의 온도와 화학작용에 변화를 준다. 저류시설은 홍수터의 생태환경에 영향을 주어 육상식물에 영향을 미치기도 하고 동물들의 서식활동에도 변화를 초래할 수 있다.

자연하도에 건설된 댐과 같은 구조물에 의한 유량조절은 하중도나 사주 등을 발달시키고 사주에서는 두꺼운 식생층이 형성될 뿐만아니라 수목군의 생성도 현저하게 나타나고 있다. 이렇게 사주나 식생이 고착됨에 따라 이의 저항을 피해가는 수로가 형성되고 저수로 구간외에서는 식생의 발달이 더욱 왕성해져 그 면적이 확대되어 진다. 결국 사주와 사주가 식생으로 연결되고 여기에 수목이 자라면서 웬만한 홍수에도 파괴되지 않는 거대한 식생대가 출현한다. 거대한 식생대의 출현은 일부 수변을 생활공간으로 하는 동식물들에게 도움을 줄수도 있으며 반대인 경우도 보인다. 실제적으로 댐이 건설된 지역에서 조사된 자료와 하류하천을 고려한 댐운영 사례를 살펴보면 댐과 댐운영에 의한 하류하천의 영향을 판단하는데 도움을 줄수 있어 몇가지 경우를 제시하고자 한다.

1) Jackson Lake 댐

건설 전후 Jackson Lake 댐 직하류 하천(Snake river)은 그림 1 과 같이 만곡부가 증가하였고, 먼 하류에서는 만곡부가 감소하면서 몇 개의 분리된 토지가 발생하였다. 댐이 건설된 이후 시간이 흐름에 따라 저수로 구간은 좁아지고 사주나 수중도가 발달하는 현상을 나타냈다(1945년과 1989년에 조사 결과 제시. 그림 2). 이 결과에 의하면 독수리, 말코손바닥사슴, 어류등의 서식지 변화가 발생하였으며, 레프팅과 카누타기에 안전성은 증가한 것으로 나타났다.

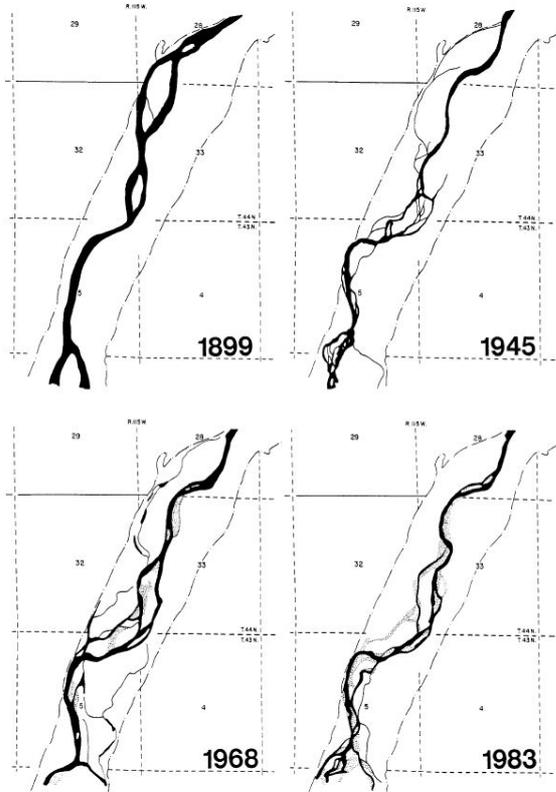


그림 1 Snake river의 년도별 하도변화

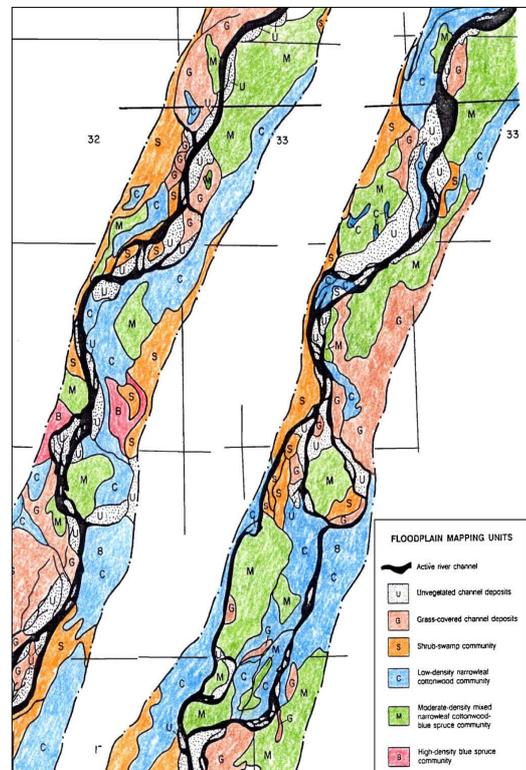


그림 2 Snake river의 1945년과 1989년 식생변화

2) 글렌캐년댐

미국 정부는 대표적인 국립공원 그랜드 캐년에서 생태계 복원을 위해 ‘인공 홍수’를 세번(96년, 2004년, 2008년) 실시하였다. 댐을 이용한 인공 홍수 계획은 하천 생태계를 복원하자는 미국 정부의 야심 찬 프로젝트로, 글렌캐년댐이 세워지면서 강물 흐름이 막혀 곳곳에 토사가 쌓이고 물도 차가워지고 하류 침전물도 98%나 사라지면서 모래톱의 절반이 사라지고 4종의 어류가 이미 멸종했으며 2종은 소멸될 판이었다. 세 번째 인공홍수는 2008년 3월 5일부터 실시했는데, 1초에 110만ℓ씩 사흘간 방류됐다. 댐에 막혀 하류에 도달하지 못했던 침전물들도 한꺼번에 쓸려 내려갔으며, 하천주변이 범람했고 강 수위가 0.6~4.5m 올라갔다.

물이 빠진 뒤 강변에는 모래톱이 여기저기 생겨났다. 이 같은 모래톱은 강변 식물들이 뿌리내릴 땅이 되는 동시에 물고기들의 서식에 결정적인 역할을 할 것으로 미 당국은 기대하고 있다. 강변 식물들이 뿌리 내리고 물고기들이 살 수 있는 생명의 보고(寶庫)가 살아난 것이다. 그러나 환경단체들은 콜로라도강을 글렌캐년댐으로 막아 탄생한 과일 호수 때문에 생태계가 크게 망가졌으며 보다 강력한 대책을 요구하고 있다. 또 모래톱이 제대로 형성되려면 1~2년에 한 번씩 인공홍수를 내야 한다는 게 전문가들의 의견이다. 그래서 환경단체들은 당국이 글렌 캐년댐 발전업자들의 이익만 쟁기고 생태계 보호는 외면한다고 비판하고 있다.

3) 일본

댐방류가 환경에 미치는 영향은 최근 사회적으로 주목받고 있는 중요한 과제이다. 본 내용은 댐하류하천에 대한 환경개선의 방법으로서 홍수조절용량의 일부에 우수(流水)를 저류해서, 댐하류 하천환경을 보전하기 위한 방류를 목적으로 실시되는 댐의 탄력적 관리시험에 대한 활용효과 검토결과 내용이다. 일본에서 탄력적 관리 시험 실시를 계획한 20개댐 중에서 국토교통성(우리나라 국토해양부와 유사기관) 직할의 14개 댐에서 실시한 시험결과를 제시하였다 (그림 3).

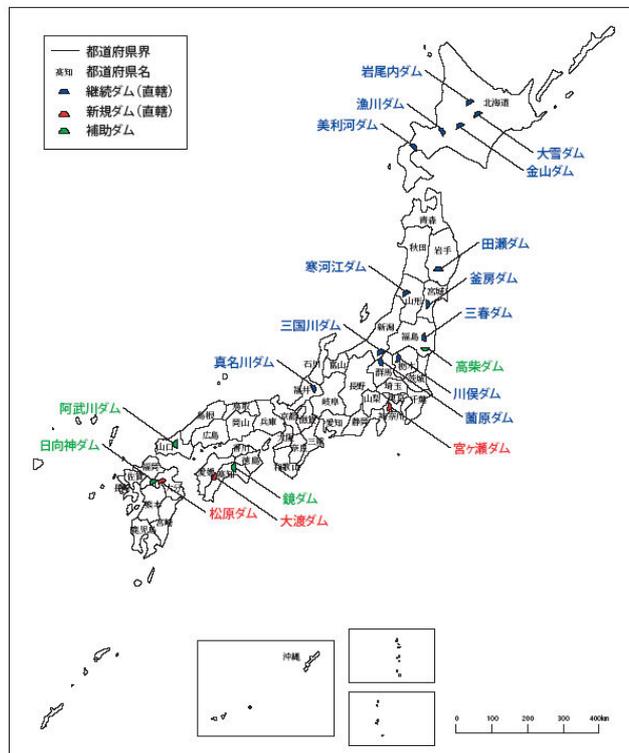


그림 3 2001년도 탄력적 관리 시험 실시 댐 위치

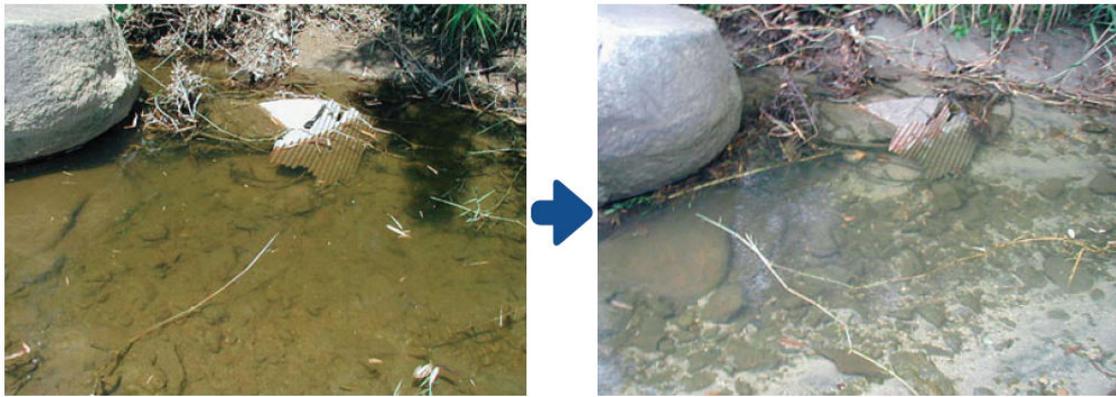
단력적 관리 시험 결과 활용효과가 확인된 댐 중 대표적인 4개의 사례는 아래와 같다.

① 寒河江댐 (동북지방 정비국) : Flushing방류로 하상퇴적물에 대한 효과를 보인 사례

- 활용목적 : 하상에 퇴적한 실트의 소류
- 활용실적 : 2001년 6월16일~10월31일의 활용기간에 140만 m^3 을 활용하였다. 유지유량 1.2 m^3/s 에 대해 Flushing방류를 16회 실시
- 활용결과 : 하상에 퇴적한 실트는 10 m^3/s 의 Flushing방류로 약 반 정도가 소류되었고, 20 m^3/s , 30 m^3/s 로 침투방류량이 증가함에 따라서 소류효과가 향상되었다

② 三春댐 (동북지방 정비국) : Flushing방류로 물웅덩이에 대한 효과를 보인 사례

- 활용목적 : 경관저해 및 악취발생의 원인이 되고 있는 물웅덩이의 세류
- 활용실적 : 6월11일~10월10일의 활용기간에 225.5만 m^3 을 활용. 유지유량 1.2 m^3/s 에 대해 Flushing방류를 11회 실시
- 활용결과 : Flushing방류로부터 하상 퇴적물 및 수면의 부존물을 세류(그림 4).



2001. 7. 25 (방류2일전)

2001. 8. 10 (방류직후)

그림 4 방류전·후 물웅덩이의 표면사진

③ 漁川댐 (북해도 개발국) : 유지유량의 증량방류로 하천경관에 대한 효과를 보인 사례

- 활용목적 : 하천경관의 개선
- 활용실적 : 7월14일~9월10일의 활용기간에 101.0만 m^3 을 활용. 무수(無水)구간에 대하여 유지유량방류를 39일간 실시



그림 5 감수구간의 활용 방류전·방류중의 경관

- 활용결과 : 방류 중에는 경관 상 평가할 수 있는 변화(파랑, 낙수 등)가 많이 보였고, 하폭과 수면 폭의 비(W/B치)는 0.09 ~ 0.40 증가했기 때문에 경관의 개선을 확인할 수 있었다(그림 5). 또한, 설문조사 결과, 748명으로부터 회신을 받아, 활용방류 전 및 방류중에서의 경관이 “매우 개선되었다” 또는 “조금 개선되었다”라고 답한 사람은 전체의 93%였다. 또한 앞으로도 활용방류를 “계속했으면 좋겠다”라고 답한 사람은 전체의 94%였다.

④ 眞名川댐 (긴끼지방 정비국) : 유지유량의 증량방류로 어류의 서식처에 대하여 효과를 보인 사례

- 활용목적 : 은어 서식처의 환경개선
- 활용실적 : 7월1일 ~ 9월30일의 활용기간에 94.0만 m^3 을 활용.
유지유량(댐직하류방류량) 0.28 m^3/s 에 대하여 유지유량 방류를 16일간 실시
- 활용결과 : 활용방류중에 댐하류의 감수구간에 대하여 어류의 분포면적이 증가했다. 어류조사 결과, 생식수는 방류전·중·후에서의 차이는 없었지만, 은어가 돌에 붙은 조류를 뜯어먹은 흔적은 방류 중에 가장 넓게 확인할 수 있었다.

3. 결과 및 고찰

하천에 댐을 건설하면 하류하천 환경에 긍정적이든 부정적이든 영향을 미치는 것은 Snake river 등 다양한 사례에서 확인할 수 있다. 이러한 점에서 볼 때 하천환경을 고려해 댐운영을 하는 것은 분명히 진보된 환경개선 노력이며 앞으로 도입되어야 할 기술이다. 그러나 하천환경이 개선된다는 것은 수질, 수중생태, 저서생태, 사주, 식생, 동물 등 다양한 변화를 조사하여 평가해야하는 문제로 생태계 전체를 대상으로 평가되어야 하므로 그리 간단한 문제는 아니다. 즉 외형적으로 나타나는 몇가지 징후만으로 판단되어질수는 없는 것으로 판단된다. 따라서 다양한 전문가들이 참여한 평가그룹을 구성하여 장기간 더 많은 자료를 확보하여 조심스럽게 평가해야 할 것으로 사료된다.