

금강에서의 유량변동과 어류상 변화

Change of Fish Assemblage with Altered Flow Regime in Geum River

서진원¹⁾, 홍영표²⁾, 김정곤³⁾, 박상영⁴⁾, 김기형⁵⁾, 고익환⁶⁾

Jinwon Seo, Young-Pyo Hong, Jeongkon Kim, Sangyoung Park, Gee Hyoung Kim, Ick Hwan Ko

요 지

오랫동안 홍수조절, 용수공급, 전력생산, 레저 활동을 위해 건설된 댐들은 하천이나 호소의 생태적 기능보다는 치수 및 이수기능이 중요시되면서 운영·관리되어 왔다. 하지만 최근 들어 선진국을 중심으로 환경 및 생태의 중요성이 인식되면서 하천생태계 보호를 위한 환경유량 산정이 언급되고 있는데 이는 하천이 동·식물의 서식처로서 적절한 수질뿐만 아니라 수심, 유속, 하상재료, 먹이원, 어류를 보호할 수 있는 휴식 및 은신처 등의 다양한 조건을 제공할 수 있어야 한다고 제시되고 있다. 이들 조건 중 유량(Flow)은 하천에서 생물집단을 구성하는데 있어 물리적 서식조건의 주요한 결정인자로 작용하는데, 댐 하류하천의 자연유량(natural flow)을 변화시키면 생태학적 측면에서 기대치 않던 영향을 야기할 수 있다. 따라서 댐 건설 전·후의 자연유량과 조절유량 사이에서 생태학적 어류조사연구를 통한 차이점을 찾는 것은 매우 중요하다고 볼 수 있다. 본 연구의 최종목적은 수계 내 댐 건설 전·후의 어류군집과 유량 등 수리조건과의 연관성을 분석하여 하천구간별로 어류생태에 적합한 유량을 산정하는 것이다. 조사대상 구간은 금강본류를 대상으로 하되 용담댐과 대청댐을 중심으로 하여 10개 구간을 선정하였고, 과거로부터 2000년도까지와 용담댐 건설후인 2002~2004년도에 조사된 어류생태자료를 활용하였다. 용담댐 상류로부터 대청댐 하류에 이르기까지 전 구간을 대상으로 조사된 자료를 분석한 결과 총 20과 82종이 출현하였고, 이중 45종(54.9%)이 잉어과에 해당하며 미꾸리과(6종), 동자개과(4종), 망둑어과(5종)를 제외한 대다수의 분류군(Family)들은 단일 또는 2종으로만 구성되었다. 이들 중 천연기념물 제259호로 지정되어 법적으로 보호되고 있는 어름치(금강에서 서식한 어름치를 따로 천연기념물 238호로 지정함)를 비롯하여 다목장어를 포함한 7종의 멸종위기종이 확인되었다. 또한 각시붕어 등 총 29종(35.4%)의 높은 한국고유종 출현과 6종의 외래도입종도 확인되었다. 금강의 중·상류에 해당하는 구역을 포함하는 대청댐 상·하류 구간에서 대청댐 건설 전(1980년 이전)을 포함하는 2000년 이전 조사 자료가 가장 다양한 어류상과 특이어종(멸종위기종 및 한국고유종)을 보였고, 최근자료(2002~2004)를 살펴볼 때 용담댐 상·하류에서 대청댐 상·하류에서 멸종위기종(7종→1종) 및 한국고유종(28종→16종)의 출현감소와 외래도입종의 출현증가(1종→6종)와 같은 주요한 어류군집 변화를 보였다. 이는 댐 건설에 따라 주로 계류성 어종을 중심으로 정수역 구간에서 인근 지류로 이동하게 되고 일부는 제한된 서식공간과 하천교란으로 인해 개체군이 극감하거나 일부 소멸된 종이 발생하였을 것으로 사료된다. 실측 유량자료 분석에 의하면 홍수기 최대유량 변화는 크지 않으나, 갈수기 최소유량은 크게 증가한 것을 알 수 있었고, 대다수 어류의 산란기인 봄철(5월, 6월) 최소유량은 증가하였으나, 최대유량은 감소한 것으로 분석되었다. 이러한 변화는 어류생태계에 긍정적인 면과 부정적인 면이 있으며, 향후 이러한 영향을 분석하기 위해 선택어종(Target species)별 생태환경 서식조건을 확인할 수 있는 조사기법 및 자료구축이 절실히 필요한 실정이다.

핵심용어 : 댐, 하천생태계, 환경유량, 유량변동, 어류상, 금강, 선택어종, 서식조건

- 1) 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 수자원환경연구소 선임연구원 · Email : jinwonseo91@kwater.or.kr
- 2) 비회원 · 국립중앙과학관 자연사연구실 연구관 · Email : yphong@nsm.go.kr
- 3) 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 수자원환경연구소 책임연구원 · Email : jkkim@kwater.or.kr
- 4) 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 수자원환경연구소 선임연구원 · Email : sypark119@kwater.or.kr
- 5) 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 수자원환경연구소 위촉연구원 · Email : water0418@paran.com
- 6) 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 수자원환경연구소장 · Email : ihko@kwater.or.kr

1. 서 론

최근까지 우리나라의 수자원관리정책은 음용수 기준을 위주로 하여 하천 및 호소의 수질을 상수원 관리에 맞추어 진행해왔다. 이러한 경향은 BOD나 COD와 같은 이화학적 수치를 이용한 수질 등급을 만들었고, 선진국 개념의 오염총량제(Total Maximum Daily Load, TMDL) 도입이라는 이화학적 접근법(Chemical-based approach)을 통해 하천 또는 호소의 수질을 관리하는 정책들을 만들어내고 있다. 그러나 이러한 수질관리 방법은 하천 또는 호소에 직접 서식하고 있는 수생 동식물의 입장에서는 효과적이지 못한 방법 일수도 있다. 또한 손상된 하천을 원래상태로 되돌린다는 의도로 청계천 복원 이후 전국적으로 하천복원(Stream restoration)이란 형태로 하천의 제방이나 수변부 또는 하상을 인위적으로 변화시키고 있으며, 골재채취 및 여러 가지 이수 및 치수기능을 위한 교란 및 간섭을 지속하고 있다. 하지만 이와 같이 인간의 생존 및 활동에 용이하도록 설계·시공된 하천들이 때로는 제 기능을 하지 못하고 수질악화 및 생태계 파괴와 같은 부정적인 영향을 초래하기도 한다. 결과적으로 이화학적인 수질관리방법 및 인위적인 변화를 통한 하천복원은 부분적으로는 하천이나 호소의 생태시스템에 대해 역기능을 제공할 수도 있다. 따라서 하천 및 호소의 생태시스템을 회복하며 이를 기준으로 하천과 호소의 지속적인 유지관리가 이루어지도록 하는 것이 바람직 할 것이다.

어류는 수환경의 물리·화학·생물학적 특성에 따라 직·간접적으로 영향 받는 수서생태계 내 중요한 구성요소 중 하나로써(Heins and Matthews 1987; Matthews 1998; Arthington et al. 2000) 북미, 유럽연합, 오스트레일리아, 일본과 같은 선진국에서 그 나라의 하천, 강, 저수지의 생태학적 건강성을 평가하기 위해 어류군집 및 생물지표로서 연구되며 중요한 역할을 하고 있다. 특히 이들 중 유속(current), 수심(water depth), 하상구조(substrate), 여울-소 배열(sequence of riffle and pool)과 같은 물리적 특성(Physical characteristics)은 수질이나 다른 생물집단(조류, 수서곤충 등)과 같은 이화학적 또는 생물학적 특성들보다 훨씬 큰 영향을 미친다.

유량(Flow)은 하천에서 생물집단을 구성하는데 있어 물리적 서식조건의 주요한 결정인자로 작용한다(Bunn and Arthington 2002). 유량 변동은 때론 안정적이던 수서생태계에 위협을 줄만큼 심각할 수 있다(Naiman et al. 1995; Sparks 1995; Ward et al. 1999). 따라서 홍수조절, 용수공급, 전력생산, 레저 활동을 위한 다목적댐의 건설은 특히 댐 하류하천의 자연유량(natural flow)을 변화시켜 생태학적 측면에서 기대치 않던 영향을 야기할 수 있다. 따라서 수리구조물 건설 전·후의 자연유량과 조절유량 사이에서 생태학적 조사연구를 통한 차이점을 찾는 것은 매우 중요하다고 볼 수 있다.

이처럼 오랫동안 우리는 하천이나 호소의 생태적 기능보다는 치수 및 이수기능을 중요시하면서 댐을 주로 수자원활용 및 홍수조절로 사용해왔다. 하지만 최근 들어 환경 및 생태의 중요성이 인식되면서 수리구조물 상·하류 하천에서 동·식물의 보전 및 복원에 관심을 갖기 시작하였다. 선진국에서는 하천의 각종 수리구조물로 인해 몇몇 멸종위기종(Endangered species)의 서식지 교란 및 제한과 같은 자연환경의 손상에 주목하고 있다. 하천이나 강과 같은 유수역에 적응한 몇몇 종들은 특수한 서식지 조건을 요구하기 때문에 수리구조물 건설 후 정수역 확장으로 인한 부적합한 서식지로 인해 상류의 유수역으로 이동하거나 때론 절멸하기도 한다.

본 연구의 목적 중 하나는 금강수계 내 수리구조물 건설 전후의 어류군집과 유량 등 수리조건과의 연관성을 분석하여 하천구간별로 어류생태에 적합한 수리조건을 찾아내는 것이다. 과거 하천 유지유량 산정을 위한 연구가 90년대 초반에 진행되어 개략적인 어종별 서식조건을 제시하고 있으나 이는 면밀하고 체계적으로 객관성을 유지하여 조사한 자료가 아니며 지금까지의 조사결과는

단순히 조사지점에서 특정 어종의 개체가 어느 정도나 있는지를 열거한 정도의 초기단계라고 볼 수 있다. 따라서 향후에는 어류조사 시 단순한 지점별 어류상 조사에서 벗어나서 각 어종별 서식 조건을 확인할 수 있는 조사기법 및 자료구축이 절실히 필요한 실정이다.

본 연구의 1차년도에서는 우선적으로 기존에 수행된 연구결과들을 조사 분석하였는데, 금강수계의 어류에 관한 연구로는 최와 김(1972), 홍(1983)이 금강 상류수계의 어류상을, 최 등(1977)과 최(1978)는 대청댐을 중심으로 하여 조사한 바가 있으며 안 등(1992)은 금강수계의 군집분석을, 홍(1995)은 댐 호 건설에 따른 금강 중하류수계의 담수어류 군집변화 등을 보고한 바가 있다. 금강 하류수역의 어류에 관한 연구로는 최와 박(1979), 최 등(1985), 황 등(1992)의 연구가 있으며 손(1992)은 대청호가 건설된 후 대청호내의 어류상에 대하여 조사한 바가 있다. 본 연구에서는 이와 같은 기록을 바탕으로 하고 1975년도부터 2004년도 사이에 1980년 대청댐 완공, 2001년도 용담댐이 건설되었음으로 그 이후인 2002년부터 2004년까지의 어류군집조사를 통하여 댐 건설 전·후 어류군집을 비교·검토하였다.

2. 조사구간

조사대상 구간은 금강본류를 대상으로 하되 용담댐과 대청댐을 중심으로 하여 10개의 구간을 다음과 같이 선정하였다(그림 1).

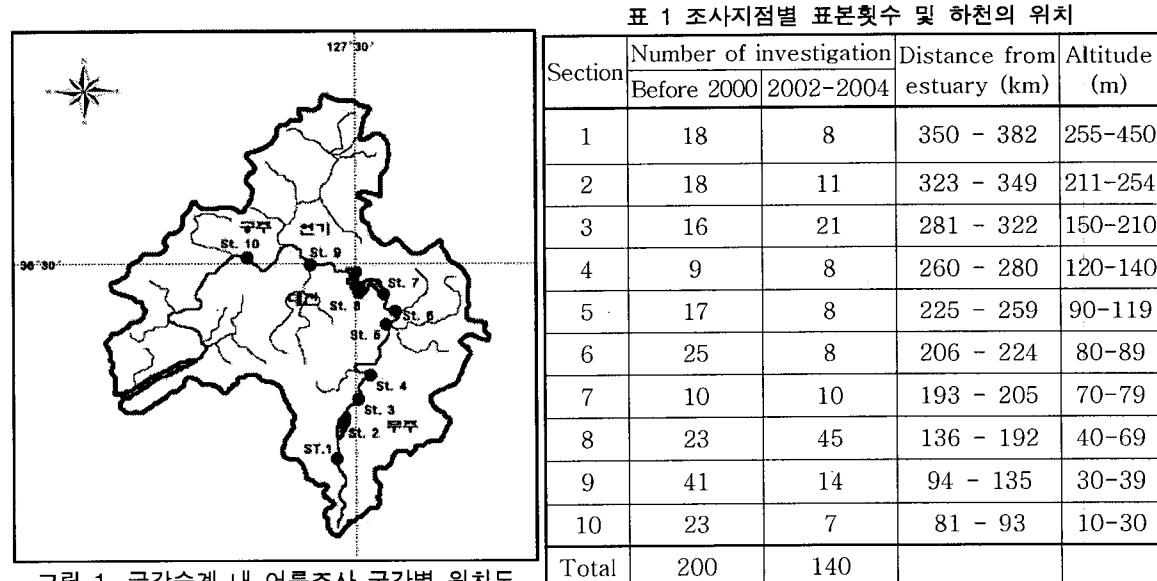


그림 1. 금강수계 내 어류조사 구간별 위치도

조사대상 구간 내 각 서식종의 증감을 알아보기 위하여 과거로부터 2000년도까지와 용담댐 건설 후인 2002~2004년도에 수행한 표본의 수집횟수, 하구로부터의 거리, 고도를 보면 표 1과 같다. 2000년 이전의 표본횟수는 200회였고 2002년도부터 2004년도까지의 표본횟수는 140회이며, 거리구간은 대청호와 용담호의 영향권으로 판단되는 금강본류의 약 300km를 대상으로 하였다.

3. 어류군집의 변화

용담댐 상류로부터 대청댐 하류에 이르기까지 전 구간을 대상으로 조사된 자료를 분석한 결과

총 20과 82종이 출현하였다. 이중 45종(54.9%)이 잉어과(Cyprinidae)에 해당하며 미꾸리과(6종), 동자개과(4종), 망둑어과(5종)를 제외한 대다수의 분류군(Family)은 단일 또는 2종으로만 구성되었다. 이들 중 천연기념물 제259호로 지정되어 법적으로 보호되고 있는 어름치(금강에서 서식한 어름치를 따로 천연기념물 238호로 지정함)를 비롯하여 다목장어를 포함한 7종의 멸종위기종이 확인되었다. 또한 각시붕어 등 총29종(35.4%)의 높은 한국고유종 출현과 6종의 외래도입종도 확인되었다.

위의 결과를 용담댐 상·하류와 대청댐 상·하류 구간으로 구별하여 표 2와 같이 정리하였다.

표 2. 댐별 어류상 및 특이어종 수의 시간적 변화

	용담댐 상·하류		대청댐 상·하류	
	Before 2000	2002 ~ 2004	Before 2000	2002 ~ 2004
어류상	11과 49종	11과 42종	20과 76종	11과 52종
천연기념물	1	0	0	0
멸종위기종	5	4	7	1
한국고유종	22	20	28	16
외래도입종	0	3	1	6

금강의 중상류에 해당하는 구역을 포함하는 대청댐 상·하류 구간에서 대청댐 건설 전(1980년 이전)을 포함하는 2000년 이전 조사 자료가 가장 다양한 어류상과 특이어종(멸종위기종 및 한국고유종)을 보였고, 최근자료(2002 ~ 2004)를 살펴볼 때 용담댐 상·하류에서보다 대청댐 상·하류에서 멸종위기종(7종→1종) 및 한국고유종(28종→16종)의 출현감소와 외래도입종의 출현증가(1종→6종)와 같은 주요한 어류군집 변화를 보였다. 이는 댐 건설에 따라 주로 계류성 어종을 중심으로 정수역 구간에서 인근 지류로 이동하게 되고 일부는 제한된 서식공간과 하천교란으로 인해 개체군이 극감하거나 일부 소멸된 종이 발생하였을 것으로 사료된다.

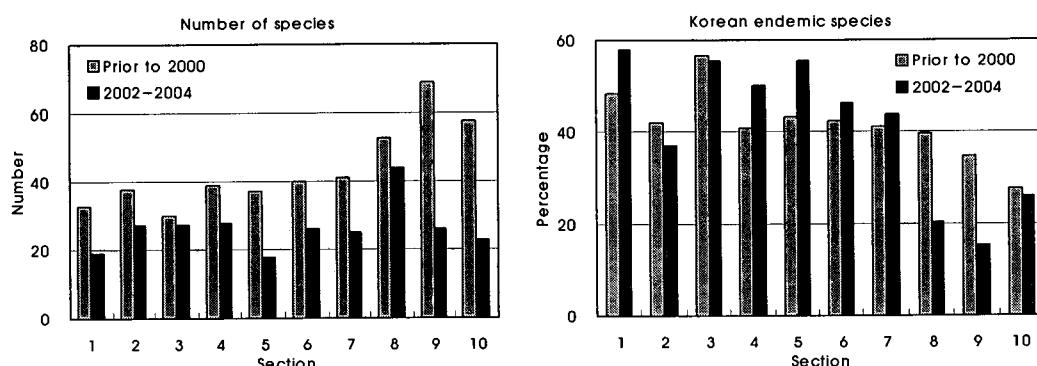


그림 2. 구간별 출현종수 및 한국고유종 비율 비교

구간별로 출현종수 및 한국고유종 비율을 살펴본 결과 그림 2와 같이 용담댐 상·하류 유역(section1 ~ 5)보다는 대청댐 상·하류 유역(section6 ~ 10)에서 더 많은 종 출현을 보여 하천에서 상류보다는 중류이하로 내려갈수록 종 다양성(Species diversity)이 증가되는 것과 잘 일치하였다.

또한 전 구간에서 2000년 이전에 훨씬 더 많은 종출현을 보였고 대청댐 하류로 갈수록 더 두드러지게 종 출현 감소가 나타났다. 한편 구간별 한국고유종의 비율을 살펴보면 하류(8, 9, 10 구간)를 제외한 모든 구간에서 거의 출현종의 40%를 넘는 것을 보였고, 상류에서 하류로 내려갈수록 감소하는 경향을 보이며 특히 2002~2004년 3개의 하류 구간에서 20% 또는 그 이하의 낮은 한국고유종 비율을 보였다.

4. RAP을 이용한 유황분석 결과

자료의 분석은 계절적 요인과 어류의 산란이 5-6월에 집중하는 것을 고려하여 분석하였다. 댐 건설 전후의 유량은, 고 유량의 경우 댐건설 인하여 약간 감소한 것으로 분석되었고, 저 유량의 경우 증가한 것으로 분석되었다. 유량지속시간 분석 결과, 중간 및 저 유량에 해당하는 유량이 증가한 것으로 분석되었다. 봄철(5-6월)의 유황변화를 살펴보면, 최소유량은 증가하였으나, 최대유량은 감소한 것으로 분석되었다(그림 3).

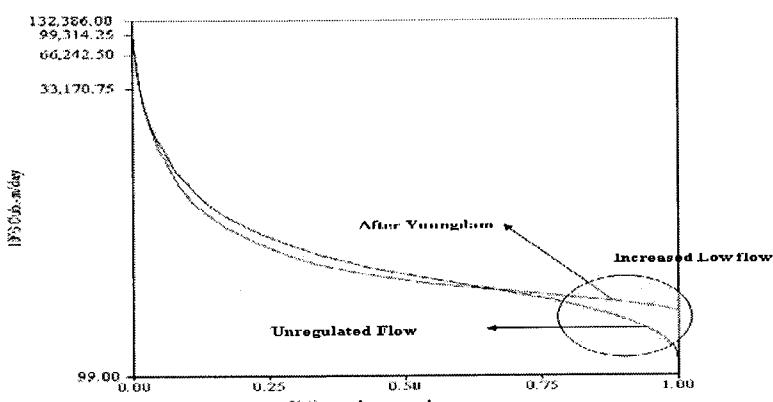


그림 3. 수통지점의 용담댐 건설전후 유량지속시간 분석

참 고 문 헌

- Arthington, A. H., S. O. Brizga, S. C. Choy, M. J. Kennard, S. J. Mackey, R. O. McCosker, J. L. Ruffini, and J. M. Zalucki. 2000. Environmental flow requirements of the Brisbane River downstream from Wivenhoe Dam. South East Queensland Water Corporation, And Center for Catchment and In-Stream Research, Griffith University, Brisbane.
- Bunn, S. E. and A. H. Arthington. 2002. Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. *Environmental Management* 30(4): 492–507.
- Naiman, R. J., J. J. Magnuson, D. M. McKnight, and J. A. Stanford. 1995. The freshwater imperative: A research agenda. Island Press, Washington DC, 165 pp.
- Sparks, R. E. 1995. Need for ecosystem management of large rivers and floodplain. *BioScience* 45: 168–182.
- Ward, J. V., K. Tockner, and F. Schiemer. 1999. Biodiversity of floodplain ecosystem; Ecotones and connectivity. *Regulated Rivers: Research and Management* 15: 125–139.