댐운영을 고려한 어류서식환경 평가

Evaluation of Fish Habitat Condition Considering Dam Operations

박상영*, 김정곤**, 서세덕***

Sangyoung Park, Jeongkon Kim, Sedeok Seo

요 지

본 논문에서는 댐건설에 따른 유황 변동이 어류서식처 환경에 미치는 영향을 금강 수계를 대상으로 하천 생태환경 평가 도구인 RAP(River Analysis Package)를 사용하여 정량적으로 분석하였다. 문헌조사와 어류 모니터링자료를 기반으로 대표어종을 선정하고 산란기 서식처 특성을 분석하였다. 시계열 서식처 활용성을 분석하기 위한 유량데이터는 KModSim모델을 이용하여 생성된 1984년부터 2006년까지 23년간의 유량자료를 활용하였다. 분석 결과, 산란기 어류의 서식처 조건은 성어기에 비하여 민감하고, 유황변화에 따라서 영향을 받는 것으로 분석되었다. 본 연구 결과는 하류하천의 생태적인 특성을 보다 세밀하게 고려한 저수지 운영방안을 마련하는데 기초적인 자료를 제공할 수 있을 것이다.

핵심용어 : 댐운영, 어류서식처, RAP, 하천수리

1. 서 론

하천의 유량은 하천을 구성하는 가장 기초적인 요소이며 다방면으로 생태시스템에 중요한 영향을 미친다. 특히 하천을 터전으로 생애주기를 형성하고 있는 어류의 경우는 하천유량, 수온, 수심, 하상구조, 여울-소 배열 등과 같은 물리적 특성에 큰 영향을 받는다. 금강수계는 1980년 대청댐 건설과 2001년 용담댐 건설로 인하여 하천의 물리적 특성이 급격히 변화하였다.

미국, 유럽, 호주 등 선진국에서 하천 생태서식처 해석과 그에 따른 서식처 보전을 위한 하천유지유량(instream flow) 연구는 1970년대부터 시작되었다. 국내에서는 한국수자원공사(1995)가 최초로 하천유지유량에 하천 생태계 개념을 도입하여 담수성 어류 서식처 제공 및 이동에 필요한 유량을 산정한 바 있다. 이후 이 분야의 연구는 유량의 변화에 따라 서식처 수리조건(수심, 유속 등)이 먼저 한계에 달하는 여울을

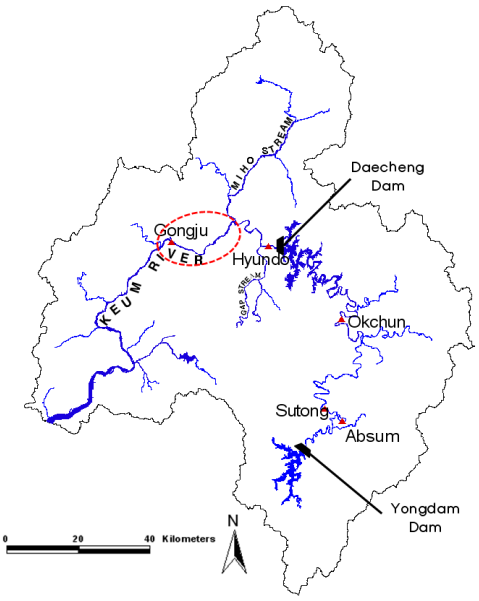


그림 1. 연구 대상지

* 정회원· 한국수자원공사 K-water연구원 책임연구원 공학박사·E-mail : sypark119@kwater.or.kr
** 정회원· 한국수자원공사 K-water연구원 수석연구원 공학박사·E-mail : jkkim@kwater.or.kr
*** 비회원· 한국수자원공사 K-water연구원 연구원 ·E-mail : seosd@kwater.or.kr

대상으로 서식조건을 만족시키는 수리 및 수질 조건 등을 포함한 물리서식처 모의(PHABSIM) 기법의 적용과 이를 이용한 최적유량을 산정하는 연구가 진행되어 왔다 (임동균 등, 2007; 강정훈 등, 2004; 김규호, 2000). 본 연구에서는 어류 서식처 조건 중 기존 문헌에서 조사된 어류의 산란기 서식처 조건을 활용하여 하천환경평가 패키지인 RAP(River Analysis Package)를 이용하여 어류의 산란기에 적합한 최적유량을 분석하였다.

2. 연구방법

2.1 연구 대상지

본 연구는 금강수계 대청댐 하류구간을 선정하였다. 갑천과 미호천 등 비교적 유량이 큰 하천의 영향을 적게 받는 미호천 합류 이후부터 공주지점까지를 중심으로 연구를 수행하였다(그림 1). 연구에 사용된 유량자료는 고익환 등(2009)이 KModSim을 활용하여 대청댐과 용담댐의 운영 전·후 가정 조건하에 공주지점에 대하여 1984년부터 2006년까지 생성한 자료를 사용하였다.

2.2 대표어종 선정

대표어종은 '자연·사회 환경 개선을 위한 하천유지유량 산정방안 보고서' (건설교통부, 2007)에서 자료를 취합하여 수심, 유량, 산란기간이 상이한 3종의 어종을 선정하였다. 대표 어종의 서식처 조건은 기존 문헌의 자료와 실측 모니터링 자료에 근거하여 도출하였으며, 선정된 대표어종의 산란기와 성어기의 서식처 조건은 그림 2와 표 1과 같다.

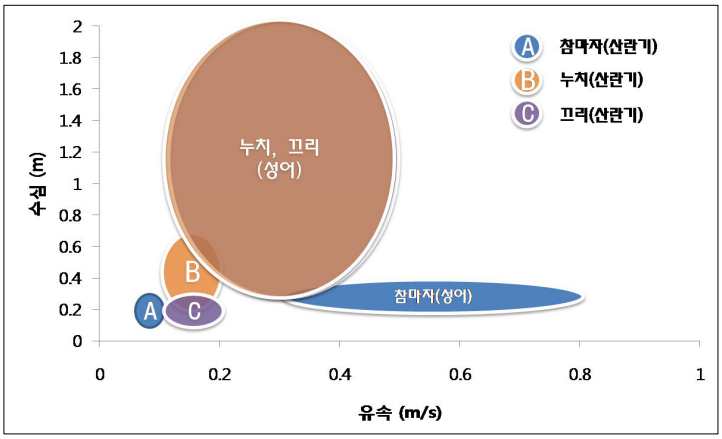


그림 2. 대표어종 서식처 조건

표 1. 대표어종 서식처 조건

어종	산란기 (월)	산란기		성어	
		수심 (cm)	유속 (cm/s)	수심 (cm)	유속 (cm/s)
참마자	5, 6, 7	10 ~ 30	5 ~ 10	20 ~ 40	30 ~ 80
누치	5	20 ~ 70	10 ~ 20	30 ~ 200	30 ~ 50
끄리	5, 6	10 ~ 30	10 ~ 20	30 ~ 200	30 ~ 50

2.3 RAP을 이용한 서식처 조건 분석

RAP은 하천의 생태시스템을 위한 유량관리를 목적으로 개발된 컴퓨터 패키지로써 호주의 eWater CRC(eWater Cooperative Research Centre)에 의해 개발되었다. RAP의 적용에서 수리분석 모듈은 선정된 대표어종의 수심 및 유속 조건을 입력하여 관계식을 도출하는데 사용하였다. 유량에 지배를 받는 수리학적 지표(hydraulic metric)로 유속, 수심, 수표면폭 등을 선택하고, 어류서식처 조건과의 상관성을 분석함으로써 유량변동에 따른 어류서식처 영향을 정량적으로 분석하였다 (그림 3). 시계열분석 모듈은 설정된 시나리오에 대하여 일단위 시계열자료를 분석하고 통계학적인 분석결과를 도출하는데 사용되었다.

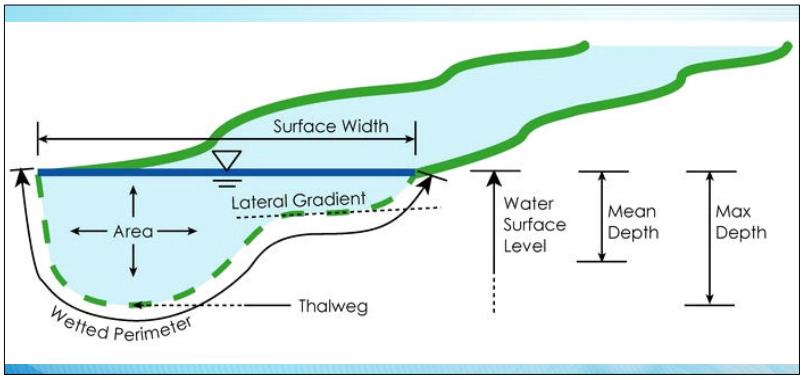


그림 3. 유량에 영향을 받는 수리학적 지표

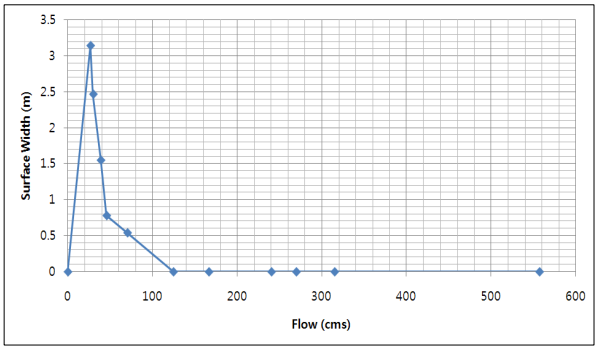
3. 결 과

3.1 산란기 유량-어류 서식처 조건

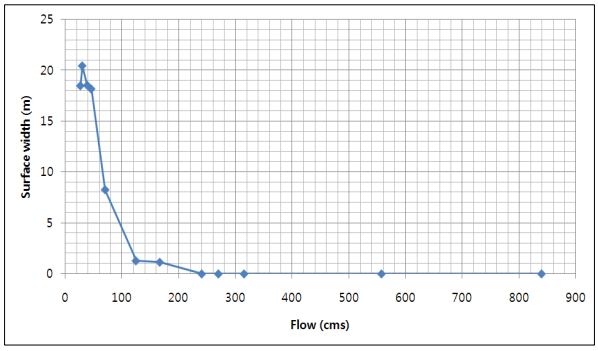
RAP모형의 수리분석모듈을 활용한 연구 대상지의 평균유량-어류 서식처 활용성을 상관관계 그래프(rating curve)를 사용하여 도식적으로 나타내면 그림 4와 같다. 참마자의 산란기 최적 서식처 조건은 유량이 26.8 m^3/s일 때 3.1m로 가장 크게 나타났으며, 누치와 끄리는 각각 유량이 30.0 m^3/s, 39.0 m^3/s 일 때 20.4m, 6.7m로 분석되었다. 본 연구에서 선정된 대표어종의 산란기 제한 유량은 각각 참마자가 125.80 m^3/s, 누치와 끄리는 각각 250.39 m^3/s, 236.41 m^3/s로 분석되었다.

3.2 유량변화에 따른 어류 산란기 서식처 변화

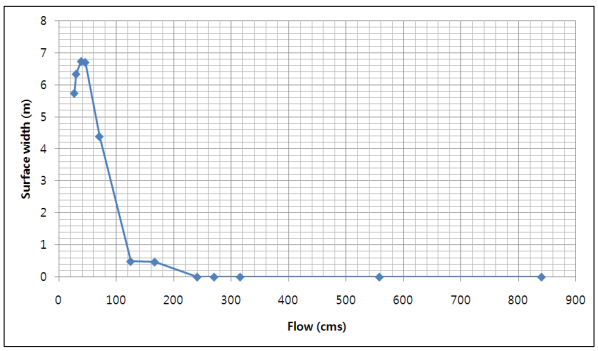
댐건설 전후 조건에 대하여 생성된 1984년부터 2006년까지의 일단위 시계열유량과 어류종별 산란기 서식처 조건을 기반으로 분석한 결과는 그림 5와 같다. 각 어종의 산란기 서식처 활용성 변화를 평균 수표면폭으로 분석한 결과, 참마자의 경우 댐 건설 전에는 1.89m에서 대청댐 건설 후에는 0.90m, 용담댐 건설 후에는 0.80m로 대청댐이 건설된 후의 유량조건에서 서식처 활용성이 감소한 것으로 분석되었다. 누치와 끄리는 각각 댐 건설전은 16.25m, 4.50m 에서, 대청댐 건설 후에는 14.14m, 4.42m, 용담댐 건설 후에는 13.26m, 4.18m로 감소하는 것으로 분석되었다.



(a) 참마자

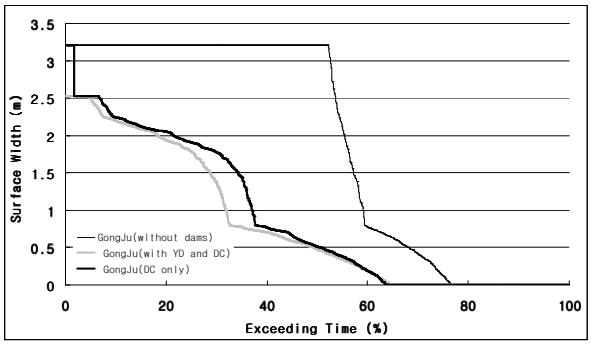


(b) 누치

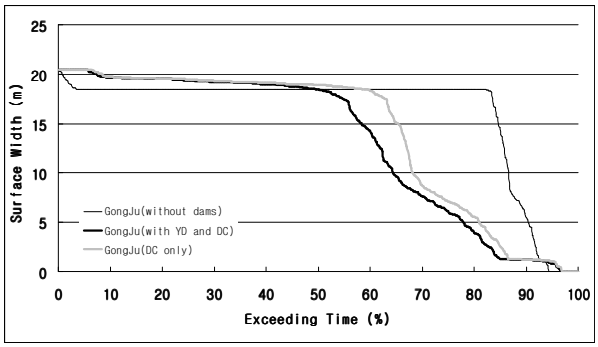


(c) 끄리

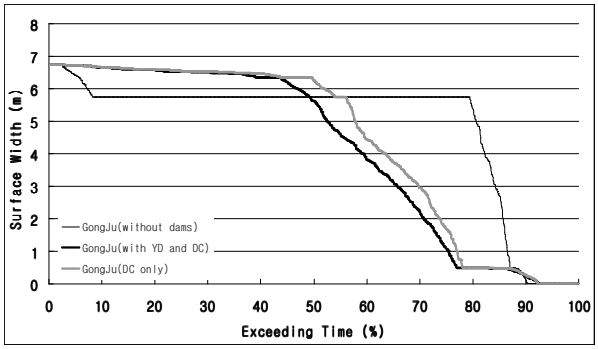
그림 4. 산란기 서식처 조건을 만족하는 유량-수표면폭 Rating Curve



(a) 참마자



(b) 누치



(c) 끄리

그림 5. 어종별 산란기 누적 서식처 활용성 그래프

4. 결 론

금강수계 대청댐 하류구간에 대하여 댐건설에 따른 유황변동이 산란기 어류 서식처 환경에 미친 영향을 분석한 결과는 다음과 같다.

참마자의 산란기 최적 서식처 조건은 유량이 26.8 m^3/s일 때 평균 수표면폭이 3.1m로 가장 크게 나타났으며, 누치와 끄리는 각각 유량이 30.0 m^3/s, 39.0 m^3/s일 때 20.4m, 6.7m로 분석되었다.

시계열 유황변동 시나리오를 적용하여 산란기 서식처 조건을 만족하는 구간을 평균 수표면폭으로 분석한 결과, 참마자의 경우 댐 건설 전에는 평균 수표면폭이 1.89m에서 대청댐 건설 후에는 0.90m, 용담댐 건설 후에는 0.80m로 감소한 것으로 나타났다. 누치와 끄리는 각각 댐 건설 전에 16.25m, 4.50m에서, 대청댐 건설 후에는 14.14m, 4.42m, 용담댐 건설 후에는 13.26m, 4.18m로 감소하는 것으로 나타났다.

산란기의 어류 서식처 조건은 성어기에 비하여 민감한 것으로 분석되었으며, 어류 등 생물의 생애주기를 고려한 댐운영 전략 등의 추가적인 연구가 요구된다.

감 사 의 글

본 연구는 국토해양부 건설기술혁신연구개발사업의 일환으로 진행되는 '자연과 함께하는 하천 복원기술개발(Ecoriver 21)' 중 '어류생태 모니터링 및 조절하천 유지유량 확보기술(3-1과제)' 및 한국수자원공사 K-water연구원의 '금강유역 하천생태환경 개선 방안 연구(KIWE-WRE-08-15)'의 지원으로 이루어진 연구 성과입니다.

참 고 문 헌

1. 고익환, 김정곤, 박상영 (2008). "댐 운영을 고려한 금강의 생태·수문학적 변화 평가 : I. 유황 변화 분석." 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제42권, 제1호, pp.1-8.
2. 강정훈, 이은태, 이주헌, 이도훈 (2004). "어류의 서식처 조건을 고려한 하천의 필요유량 산정에 관한 연구." 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제37권, 제11호, pp. 915-927.
3. 건설교통부 (2007). 자연·사회환경 개선을 위한 하천유지유량 산정방안 보고서 11-1500000-002055-01
4. 김규호 (2000). "하천 어류 서식 환경의 평가." 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제33권, 제2호, pp. 10-22.
5. 임동균, 정상화, 안홍규, 김규호 (2007). "피라미에 대한 보 철거 구간에서의 물리서식처 모의(PHABSIM) 적용." 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제40권, 제11호, pp. 909-920.
6. Marsh, N. (2004). River Analysis Package Users Guide. CRC for Catchment Hydrology, Australia.