

# 여울과 소의 형성 조건에 따른 어류 서식처 환경 영향

## Estimating the Influence of the Riffle and Pool on the Habitat of Fish

성영두\*, 박봉진\*\*, 이삼희\*\*\*, 정관수\*\*\*\*

Young Du Sung, Bong Jin Park, Sam Hee Lee, Kwan Sue CJung

### 요 지

본 연구에서는 어류 생태계 유지를 위해 필요한 생태학적 추천유량을 산정하고, 어류의 서식처 환경인 여울과 웅덩이의 형성조건을 검토함으로써 “작용”인 “흐름”과 “응답”인 “하상구조”와의 상관관계를 규명하고자 하였다.

본 연구의 대상하천인 금호강에서는 하상변동이 활발한 자연 상태를 벗어나 하상의 이동성 상당히 둔화된 상태이며, 저수로내 여울과 웅덩이도 대표어종이 서식할 수 있는 자갈하상 구조에 변화가 일어나고 있는 것으로 분석되었다. 이것은 금호강 상류에 영천댐 건설의 영향이 어느 정도 미치고 있음을 유황분석 결과를 통해 간접적으로 파악할 수 있었다. 댐과 같은 수공구조물의 건설로 인하여 하도가 고정화된 상태에서 장기간에 걸쳐 되면 여울과 웅덩이와 같은 하상구조가 축소되거나 소멸되어 금호강에서의 대표어종 서식처 환경에 영향을 미칠 것으로 추정된다.

금번 연구결과, 금호강에서 어류의 생식에 필요한 생태학적 추천유량 8.2 m<sup>3</sup>/sec가 필요하였으며, 어류의 서식처 환경인 여울과 웅덩이를 지속적으로 유지되기 위해서는 250 m<sup>3</sup>/sec 이상의 유량이 연간 한번 이상 흘러야 하고, 2.5년 내지 3년 마다 약 500 m<sup>3</sup>/sec 정도의 유량이 흐름 필요가 있다고 분석되었다.

본 연구 대상지점에서 흐름과 하상구조를 하천생태계와 연계해서 볼 때, 생태추천유량은 어디까지나 대표어종이 서식할 수 있는 최소조건에 불과하다. 대표어종이 장기간에 걸쳐 서식할 수 있는 하상구조가 존재하기 위해서는 대표어종이 선호하는 여울과 웅덩이가 필요하다. 결국 대표어종이 서식하기 위한 필요충분조건은 생태추천유량 확보와 아울러 대표어종이 선호하는 하상구조를 유지하기 위해서는 하도의 이동성을 유발할 유황변화가 필요하다는 것이 입증되었다.

**핵심용어 : 이동상, 여울과 웅덩이, 하천생태 서식처, 피라미, IFIM, 생태학적 추천유량**

### 1. 서 론

하천의 구성 요소는 물의 흐름(Instream Flow)과 이에 반응하여 형성되는 하도로 크게 분류할 수 있다. 하천 생태계는 이와 같은 ‘작용’에 해당하는 “흐름”과 “응답”에 해당하는 “하도” 사이에 부단 없는 상호관계에 의해 구성되었다. 하천은 근본적으로 끊임없이 변화하는 속성을 지니고 있으며, 하도 변화 특성 그 자체가 하천이 살아 숨쉬는 것 즉 자연스러움을 의미하며, 그 변화를 허

\* 정회원.한국수자원공사 수자원개발처 수자원개발3팀 팀장-E-mail : ydsung@kowaco.or.kr  
\*\* 정회원.한국수자원공사 조사기획처 수자원조사팀 과장-E-mail : bongjinpark@kowaco.or.kr  
\*\*\* 정회원.한국건설기술연구원 수자원연구부, 수석연구원, E-mail : samhee.lee@kict.re.kr  
\*\*\*\* 정회원.충남대학교 공과대학 토목공학과, 부교수-E-mail : ksjung@cnu.ac.kr

용한다는 자체는 하천 본래의 모습, 하천다움, 건강한 하천의 추구를 의미하는 것이다(이삼희, 2001). 그러나 지금까지 우리나라에서 이와 같은 하도변화를 하천생태계 관점에서 정량적으로 평가하고 이를 토대로 수자원계획이나 하천계획에 반영하지 않은 실정이다.

국내의 댐이 하류 하천에 미치는 영향에 관한 연구는, 윤용남과 박무중(1993), 황의준과 전경수(1997), 김상호와 김원(2002), 김태균 et al.(2002), 이진원 et al.(1993) 등 주로 댐 건설에 따른 하천 유황의 변화에 관한 연구가 시행 되었다. 최근 들어 한국수자원공사(2003)의 다목적댐 하류 하천관리 개선방안, 지흥기(2004)의 댐 하류 하천의 유황 및 하상변동과 식생역 발달에 따른 홍수소통능력 저감 특성, 우효섭 et al.(2004)과 Choi et al.(2005)의 황강에서의 사주 식생활착과 침식에 대한 조사연구, 성영두(2005)의 하천 생물서식처를 위한 필요유량의 산정, 박봉진 et al.(2004)의 영천댐 건설이 금호강의 어류 서식환경에 미치는 영향에 관한 평가 연구 등이 시행된 바 있다.

본 연구에서는 어류 생태계 유지를 위해 필요한 생태학적 추천유량을 산정하고, 어류의 서식처 환경인 여울과 웅덩이의 형성조건을 검토함으로써 “작용”인 “흐름”과 “응답”인 “하상구조”와의 상관관계를 규명하고자 하였다.

## 2. 생태학적 추천유량 산정

### 2.1 생태학적 추천유량의 정의와 산정방법 선정

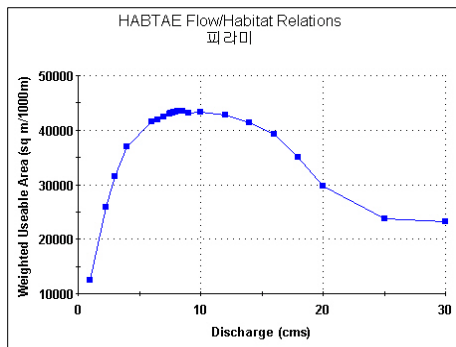
생태학적 추천유량(ecological flow recommendations)은 하천 생태계의 보전 및 관리를 위해 ‘자연이 가져야 할 수리권’으로서, 하천의 생물 및 무생물 모두가 공유하여야 할 비소비성 유량으로 정의한다(성영두 등, 2003). 일반적으로 생태보전유량의 산정에서 하천 생태계의 대표 생물종으로 어류를 택하고 있다.

하천 어류 서식처 제공에 필요한 유량을 결정하고 평가하는 방법으로 최근 가장 보편적으로 사용되고 있는 유지유량증분법(Stalnaker 등, 1995)을 채택하였다. 유지유량증분법의 주요 성분을 구성하는 계산과정으로서 물리적 서식처 모의 시스템인 PHABSIM(USGS, 2001)에서 서식처적합도 기준을 이용하여 가중가용면적(Weighed Usable Area, WUA)-유량 관계곡선을 얻을 수 있다. 여기서, 서식처적합도 기준은 유속, 수심 그리고 하상재료 등에 따른 어류의 서식적합도를 나타낸 곡선이며, PHABSIM에서는 수리(유속, 수심)모의와 서식처(하상재료)모의로 구성되어 있다.

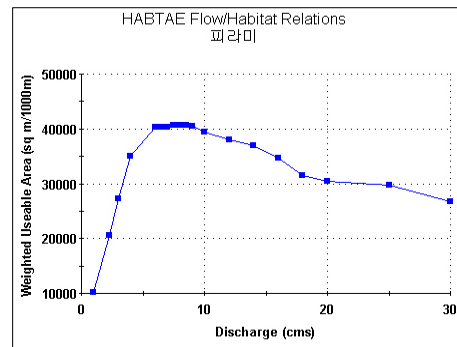
### 2.2 생태학적 추천유량의 산정

생태학적 추천유량의 산정지점은 여울구간(한계구간)을 조사하여 어류전문가의 자문을 통해 금호강의 경북 영천시 금호지점을 대표지점으로 결정하였다. 이에 따라 PHABSIM을 적용하여 산정된 피라미의 성장단계별(성장기, 산란기) 가중된 가용면적-유량관계곡선은 그림 1과 같다.

금번 연구에서 작성한 가중된 가용면적-유량관계곡선으로부터 피라미의 성장단계별(성장기, 산란기)로 가중된 가용면적이 최대가 되는 유량을 생태학적 추천유량 표1에 제시하였다.



(a) 피라미의 산란기 필요유량



(b) 피라미의 성어기 필요유량

그림 1. 가중된 가용면적(WUA)-유량관계곡선

표 1. 금호강 금호지점의 생태학적 추천유량

하천명	대표지점	어류서식처필요유량 (m³/s)		생태학적 추천유량(m³/s)
		산란기	성어기	
금호강	금 호	8.2	7.7	8.2

### 3. 여울과 구조의 이동성 평가

본 연구에서는 댐에 의한 유황변화로 발생하는 하도의 반응이 하천생태계에 미치는 영향을 정량적으로 분석하고자 하였다. 이에 따라, 하구에서 49 km 지점인 경북 경산시 하양읍-진량읍 경계구간의 하양교 직하류(금호지점에서 약 6 km하류)지점을 평가대상으로 선정하였다.

하상 이동성을 평가하기 위하여 본 연구에서는 그림 3의 조사대상구간에서 2차원 하천모형인 RMA-2 모형을 이용하여 수심 및 유속과 그 지점의 하상재료를 분석하여 일정 유량이 흘렀을 때의 무차원 소류력을 이용한 하상이동 여부를 평가하였다.

대상 유량은 8.2 m³/sec (생태학적 추천유량), 15.7 m³/sec (평수량), 25.0 m³/sec (풍수량), 300 m³/sec (약 1년빈도 홍수량), 500 m³/sec, 1,000 m³/sec, 2,000 m³/sec 이었으며, 각 유량별 유속, 수심, 수위, 유황에 대한 분포 특성을 분석하고 웅덩이(상류단)와 여울(하류단)에서 하도 이동성을 하도 수리량(무차원 소류력)에 대해 평가하였다.

자연조건에서 무차원소류력이 대개 평균 0.06~0.07 정도로 평가되고 있고,  $u_*^2$  도 개략적으로 200  $\text{cm}^2/\text{s}^2$  정도로 알려져 있다(山本, 2004). 특히, 하상이동상의 평가에 중요지표인 무차원 소류력을 검토대상 유량별 여울과 웅덩이에 대해 평가한 결과는 그림 3와 같다. 여기에서 보는 바와 같이 생태학적추천유량, 평수량, 풍수량 규모에서는 무차원 소류력이 최대가 0.03으로써 웅덩이와 여울 모두 전혀 하상이 이동하지 않은 고정 형태를 유지하고 있음을 알 수 있다.  $u_*^2$  값도 200  $\text{cm}^2/\text{s}^2$  에 크게 미치지 않아 하상에 작용하는 외력도 크지 않다. 이는 흐름에 대해 어류가 외견상 안정되게 서식할 수 있는 조건이 될 수도 있다. 즉, 생태학적추천유량이 이와 같은 하상 이동 특성을 배제한다면 유량 그 자체로서는 충분히 의미가 있을 수 있다.

조사구간에서 2004년 항공조사 및 2005년 현장조사에 의하면 사주부에서는 이동성이 활발한 곡저 평야의 자갈하천임에도 불구하고 식생으로 덮여 있다는 사실에서 사주의 이동기회가 거의 둔화되

있음을 의미한다. 여기서, 현재 금호강은 조립화가 진행되어 있음을 시사하고 있어, 시계열상 어류 서식처 환경에 불리한 여건에 놓여 있다고 평가할 수 있다.

따라서, 어류 서식환경에 매우 중요한 여울과 웅덩이가 지속적으로 유지되고 자연도 높은 사주가 발달하는 하천이 되기 위해서는 하도 이동성이 보장되어야 하는데 웅덩이에서의 이동성을 유지하기 위해서는 그림 3과 같이 70~150 m<sup>3</sup>/sec 정도의 유량이 필요하고, 여울에서는 200~250 m<sup>3</sup>/sec 정도의 유량이 요구된다. 결국 여울과 웅덩이에서 하상재료가 동시에 이동하면서 여울과 웅덩이가 지속적으로 유지되기 위해서는 250 m<sup>3</sup>/sec 정도 유량 규모가 필요하다고 추정할 수 있다. 250 m<sup>3</sup>/sec 정도이면  $u_*^2$  값도 200 cm<sup>2</sup>/s<sup>2</sup> 정도에 해당하여 자연상태의 하도특성을 나타낸다고 할 수 있다. 금호강의 경우 모래하천을 포함한 상하류를 구간을 대상으로 검토하게 되면 지배유량을 산정할 수 있지만, 본 조사구간인 자갈하천에서는 대략 지배유량이 500 m<sup>3</sup>/s전후로 평가된다.

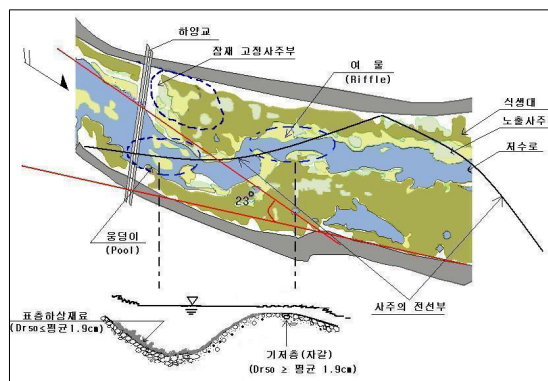
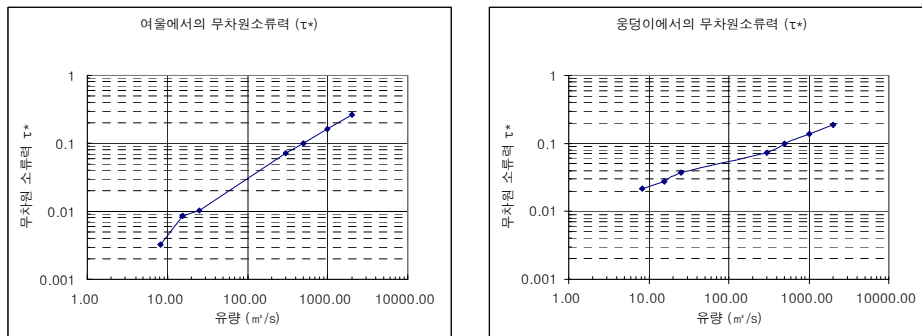


그림 2. 이동성 평가대상구간의 하상구조



(a) 여울

(b) 소

그림 3. 무차원 소류력 ( $\tau^*$ )

#### 4. 결 론

금호강의 조사지점에서 어류의 생식에 필요한 생태학적 추천유량(필요조건)은 연간 8.2 m<sup>3</sup>/sec가 필요하다. 그러나, 지속적인 어류의 서식처 환경인 여울과 웅덩이를 지속적으로 유지되기 위해서는 연간 250 m<sup>3</sup>/sec 이상의 유량(충분조건)이 연간 한번 이상 흘러야 하고, 2.5년 내지 3년마다 약 500 m<sup>3</sup>/sec 정도의 유량이 흐를 필요가 있다고 분석되었다. 이것은 하상 이동성이 둔화된 금호강에서의 선택적 유량(충분조건)은 최소한 풍수량(필요조건) 보다는 크게 방류되어야 할 것으로 추정

되었다.

본 연구 대상지점에서 흐름과 하상구조를 하천생태계와 연계해서 볼 때, 생태추천유량은 어디까지나 대표어종이 서식할 수 있는 최소조건에 불과하다. 대표어종이 장기간에 걸쳐 서식할 수 있는 하상구조가 존재하기 위해서는 대표어종이 선호하는 여울과 웅덩이가 필요하다. 결국 대표어종이 서식하기 위한 필요충분조건은 생태추천유량 확보와 아울러 대표어종이 선호하는 하상구조를 유지하기 위해서는 하도의 이동성을 유발할 유황변화가 필요하다는 것이 입증되었다.

## 참고문헌

- 김상호, 김원 (2002). “한강 하류부 흐름해석을 위한 수리학적 모형의 구축.” **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제35권, 제5호, pp. 485-500.
- 김태균, 윤용남, 안재현 (2002). “댐 건설에 따른 하류 유황의 변화 분석.” **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제35권, 제6호, pp. 807-916.
- 박봉진, 성영두, 정관수 (2005). “영천댐 건설이 금호강의 어류 서식환경에 미치는 영향에 관한 평가.” **한국수자원학회**, 한국수자원학회 논문집, 제38권 제9호, pp. 771-778.
- 박상덕 (2003). “자연하천의 무차원 유황곡선.” **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제36권, 제1호, pp. 33-44.
- 성영두 (2005). 하천 생물서식처를 위한 필요유량의 수리학적 평가. 박사학위논문, 충남대학교.
- 우효섭, 유대영, 안홍규, 최성욱 (2004). “황강 하류하천의 사주 식생활착과 침식현상의 기초조사연구.” **수공학연구발표논문집**, 한국수문학회, pp. 153-158.
- 윤용남, 박무중 (1993). “수리학적 홍수추적에 의한 댐 방류시 하류수위 및 주요 하도구간별 홍수도달 시간의 예측.” **한국수자원학회지**, 한국수자원학회, 제25권, 제3호, pp. 115-124.
- 이삼희 (2005), 방제에 입각한 하천살리기의 기본방안, 한국방제학회지, 제5권 제2호, pp. 73-81.
- 이삼희, 박재로, 권순일 (2001). “안양천의 하도변화특성분석.” **2001 학술발표회논문집**, 대한토목학회, pp. 1733-1736.
- 이진원, 김형섭, 우효섭 (1993). “댐 건설로 인한 5대수계 본류의 유황변화 분석.” **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제13권, 제3호, PP. 79-91.
- 지흥기 (2004). “댐 하류하천의 유황 및 하상변동과 식생역 발달에 따른 홍수소통능력 절감특성.” **낙동강 유역의 자연친화적인 하천정비방안**, 한국수자원공사, pp. 3.1.1-3.1.8.
- 한국수자원공사 (2003). **다목적댐 하류 하천관리 개선방안**.
- 황의준, 전경수 (1997). “한강 본류에 대한 부정류 계산모형 : 모형의 보정.” **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제30권, 제5호, pp. 549-559.
- Choi Sung Uk, Byungman Yoon, Hyoseop Woo (2005). "Effects of Dam-Induced Flow Regime Change on Downstream River Morphology and Vegetation Cover in the Hwang River, Korea." *River Research and Applications*, John Wiley & Sons, Ltd, Vol. 21, pp. 315-325.
- Stalnaker C.B., Berton L. Lamb, Jim Henriksen, Ken Bovee, John Bartholow (1995). "*The Instream Flow Incremental Methodology A Primer for IFIM*." U.S. Department of the Interior National Biological Service, Biological Report 29, Washington, D.C. 20240.
- USGS (2001). **PHABSIM for Windows - User's Manual and Exercises**, Midcontinent Ecological Science Center.
- 山本晃一 (2004), 構造沖積河川學, 山海堂.