

초강천 쉬리의 산란과 생태유량 산정

Spawning and Optimal Ecological Flowrate Assessment of Korean Shinner, *Coreoleuciscus splendidus* in the Chogang Stream

허준욱*, 박진우**, 이상욱***, 김정곤****

Jun Wook Hur, Jin-Woo Park, Sanguk Lee, Jeongkon Kim

요 지

본 연구결과 채집된 어류는 총 9과 36종 4,669개체였다. 과(family)로는 잉어과(Cyprinidae) 어류가 24종으로 전체 채집된 어종의 66.7%로 가장 많이 출현하였다. 고유종은 쉬리(*Coreoleuciscus splendidus*) 등 20종으로 55.6%를 차지하여 높은 출현율을 보였다. 멸종위기야생동물(endangered species)로 감돌고기(*Pseudopungtungia nigra*) 외 2종이 출현하였다. 구성비가 가장 높은 종은 참갈겨니(*Zacco koreanus*)로 34.0%를 차지하여 우점종으로 나타났고, 다음은 피라미(*Z. platypus*)로 22.6%, 쉬리는 13.3% 순으로 나타났다. 쉬리의 산란기는 4월~6월로 나타났으며, 주산란성기는 5월 이었다. 유속, 수심 및 하상에 대한 쉬리의 HSI는 유속 0.4~0.6 m/sec, 수심 0.3~0.5 m, 하상재료 가는자갈~굵은자갈로 나타났다. 생태유량을 모의한 결과, 하류로 내려갈수록 유량이 증가되어 쉬리가 살 수 있는 가용면적이 커지는 것으로 나타났다.

핵심용어: 초강천, 어류생태, 생태유량, 서식처적합도지수

1. 서론

하천의 생태계는 자연적인 환경에서 가장 잘 보존이 되는데, 산업의 발달과 개발 사업 등으로 하천의 생태환경을 변화시켰다. 이러한 원인은 하천의 오염원 증가에 따른 오염물질의 유입, 홍수방지를 위한 하천정비 등의 다양한 요인에 의해 수질악화 및 생태계의 종 다양성 감소 등의 문제가 발생하고 있다. 하천의 자정능력을 향상시키고 정상적인 기능을 회복하기 위해서는 수생물의 서식환경 조성, 오염원 차단 및 적정 하천유지유량 확보 등의 다양한 조건이 요구된다. 이 중 환경에 대한 사회적 관심이 증가하면서 하천 생태계를 고려한 유지유량의 중요성이 증가하게 되었다. 그러나 아직까지 생태계에 필요한 유량산정 및 평가방법, 정량화 및 기초 데이터베이스(DB) 등의 객관적 자료는 미흡한 실정이다. 특히, 어류생태를 고려한 유량의 산정 방법은 아직까지 기초적인 단계에 머물러 있는 상황이다. 따라서 본 연구에서는 어류생태 모니터링 가이드라인을 확립 및 다학제간 조사 자료의 연관성 등을 파악하여, 하천 건강성 평가 및 생태유량 산정을 위한 기초 자료로 제공하고자 한다.

2. 조사 방법 및 분석

2.1 조사지역

충북 영동 초강천에서 2008년 4월부터 2009년 10월까지 동절기를 제외한 시기에 1개월에 1회씩 조사 및 평가하였다. 조사지점은 상류로부터 하류까지 7개 지점을 선정하였다(그림 1)

* 비회원 · 한국수자원공사 K-water 연구원 수자원연구소 위촉연구원 · E-mail : fishhur@kwater.or.kr
** 비회원 · 한국수자원공사 K-water 연구원 수자원연구소 위촉연구원 · E-mail : bodyorsoul@kwater.or.kr
*** 정회원 · 한국수자원공사 K-water 연구원 수자원연구소 선임연구원 · E-mail : lsu@kwater.or.kr
**** 정회원 · 한국수자원공사 K-water 연구원 수자원연구소 수석연구원 · E-mail : jkkim@kwater.or.kr

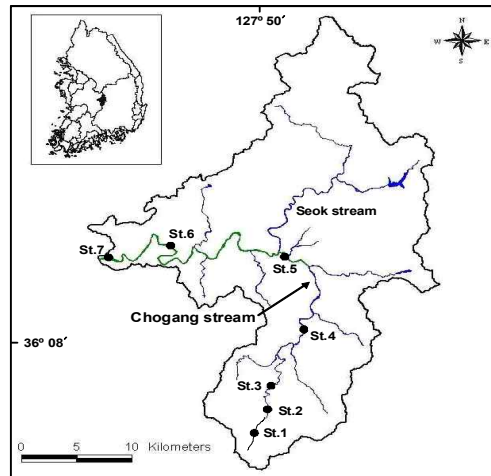


그림 1. 초강천 어류생태 모니터링 및 평가 지점.

2.2 조사방법

하천의 수리구조와 수환경은 현장에서 광파기, 유속계 및 수질분석계를 이용하여 하상의 구조, 단면, 하폭, 수심, 유속, 물리 및 화학적 수환경을 조사하였다. 어류채집은 조사정점 상·하류 각각 200 m 구간에서 60분씩 실시하였으며, 소(pool), 여울(riffle) 및 흐름이 있는 곳(run)을 모두 포함하여 조사하였다. 하천특성에 따라 어류의 채집은 투망(망목, 5×5 mm) 및 족대(망목, 3×3 mm)를 사용하였다. 투망으로 채집은 정량적 조사를 수행하기 위하여 20회씩 동일하게 투척하였으며, 족대는 하천 좌·우안 수초와 호박돌 주변에서 채집하였다. 투망 및 족대채집 지점에서 샘플 후에 유속계를 사용하여 유속 및 수심을 기록하였으며, 육안으로 하상재료를 확인하였다. 조사는 하류로부터 상류로 올라가면서 하천을 지그재그(zigzag)로 조사하였다. 현장에서 채집된 어류는 동정이 가능한 종은 현장에서 확인한 후 방류하였으며, 채집된 어류 중에서 분류 및 동정이 모호한 표본은 10% 포르말린 용액에 고정하여 연구실로 운반한 후 동정하였다. 채집어류의 계측은 0.1 mm 단위까지 측정하였으며, 무게는 0.1 g까지 측정이 가능한 휴대용 저울을 이용하여 현장에서 즉시 계량하였다. 하상재료는 크기에 따라 실트(0.1 mm 이하), 모래(0.1~1.0 mm), 잔자갈(1.0~50.0 mm), 굵은자갈(50.0~100.0 mm), 호박돌(100.0~300.0 mm) 및 전석(300.0 mm 이상)으로 나누었다.

2.3 생물다양도 분석 및 건강성 평가

현장조사 자료를 기초로 하여 각종 조사양식표를 작성하고 채집지점에 대하여 DB화 하였다. DB는 채집지점의 수환경 특성, 어류상, 풍부도, 종별 수심 및 유속 특성, 생물다양도(우점도, 종다양도, 균등도 및 풍부도) 및 각 항목에 대한 상관관계를 산정하였다. 어류채집 결과에 의해 생물통합지수를 기반으로 한 하천 건강도 평가 모델을 적용하였다. 하천 건강도 평가모델은 북미에서 최초 개발된 어류의 다변수 생물지표 지수와 질적 서식 조건을 이용한 수생태계를 평가하고 진단하는 기법으로 생물보전지수(Index of biological integrity, IBI)와 질적 서식지 평가(Qualitative habitat evaluation index, QHEI) 모델을 기초로 하여 산정하였다. 조사된 자료중 쉬리의 산란기를 추정하기 위하여, 1개월에 암컷과 수컷 각각 30마리씩 생식소를 절취하여 생식소성숙도 지수를 산정하였다.

2.4 서식처 적합도 지수(Habitat suitability index, HSI)

어류의 서식처는 특정 조사지점이나 구간에서 출현한 어종의 개체수를 기준으로 작성되며, 조사기간 동안 출현한 최대 개체수를 1.0으로 설정하고 나머지는 최대 개체수에 대한 상대비율로 설정하였다. HSI를 산정하기 위한 조사 전, 후의 순서는 다음과 같다. 첫째, 조사지점을 서정하여 사전 답사 및 조사 위치를 정하였다. 또한 횡단면에 물의 흐름을 방해하는 구조물이 없는 곳으로 정하였으며, 여울, 소 및 유수역이 적당히 배열된 장소로

하였다. 둘째, 하천폭과 광과기를 통한 하천 횡단면을 측량하였다. 셋째, 하천 정보를 컴퓨터로 저장하여 전체면적에 대한 해당 수심, 유속 및 하상재료 범위가 차지하는 면적을 백분율로 산정하였다. 넷째, 하천 횡단면 측량 지역에서의 어류 채집을 실시하였다. 어류 채집은 상법에 따라 실시하였으며, 현장에서 즉시 동정, 크기 및 마리수를 계수하였다. 다섯째, 각 단면적별 관측기대치 산정하였으며, 여섯째, HSI를 산정하였다.

2.5 물리적 서식처 모의 시스템(Physical habitat simulation system, PHABSIM)

흐름특성(유량-유속, 수심 등)의 변화에 대한 하도구간내 대상어종의 물리적 서식처 변화를 예측하여 대상어종에 대한 가용(살 수 있는)서식처면적(가중된 가용면적, Weighed usable area; WUA)-유량 관계를 통해 서식에 필요한 최적 유량을 산정하였다.

3. 결과 및 결론

3.1 생물다양도 및 건강도 분석 결과

초강천에서 채집된 어류는 총 9과 36종 4,669개체였다(그림 2a). 과(family)로는 잉어과(Cyprinidae) 어류가 24종으로 전체 채집된 어종의 66.7%로 가장 많이 출현하였다. 다음으로 미꾸리과(Cobitidae), 동자개과(Bagridae), 꺾지과(Centropomidae) 및 동사리과(Odontobutidae)가 각각 2종씩(5.6%)이고, 메기과(Siluridae), 통가리과(Amblycipitidae), 송사리과(Adrianichthyoidae) 및 망둑어과(Gobiidae)가 각각 1종씩(2.8%) 출현하였다. 이와 같이 잉어과 어류가 다른 과보다 우세하게 나타나는 것은 한국의 서해와 남해로 유입되는 하천에서 볼 수 있는 어류상의 공통된 특징으로 알려져 있다.

한국고유종(Korea endemic species)의 출현은 해당 지역의 생물상을 특징짓는 기준으로 서식지의 수환경 상태가 악화되면 종수는 감소한다고 하였다. 따라서 고유종은 조사지점의 수환경 및 생물서식 특성 등을 파악할 수 있는 기준이 될 것으로 판단된다. 본 조사에서 확인된 고유종은 갈납자루(*Acheilognathus koreensis*), 줄납자루(*Acheilognathus yamatsutae*), 쉬리(*Coreoleuciscus splendidus*), 꺾지(*Coreoperca herzi*) 등 20종으로 55.6%를 차지하여 높은 출현율을 보였다.

환경부에서 지정한 멸종위기야생동물(endangered species)로 I 급에 감돌고기와 II 급에 꾸구리(*Gobiobotia macrocephala*)와 돌상어(*Gobiobotia brevibarba*)가 출현하였다. 감돌고기는 금강 중·상류와 일부 지류에서만 서식하는 종으로 하천생태계의 교란으로 개체수가 감소하여 법적으로 보호하고 있다. 본 조사에서는 St.4~7에서 157개체가 확인되어 상대풍부도 3.4%를 차지하였다. 꾸구리와 돌상어는 서식지는 광범위하나 여울이 있는 제한된 장소에서만 분포하는 특징을 지니고 있다. 본 조사에서 St.6과 St.7에서 각각 55와 36개체가 확인되어 상대풍부도 1.2%와 0.8%를 나타내었다. 제한된 지역에서만 서식하는 감돌고기와 여울이 있는 장소에서만 서식하는 꾸구리와 돌상어는 최근 하천 바닥과 수로의 토목공사 및 수질오염 같은 물리·화학적 변화로 인하여 서식지가 감소하고 있다. 따라서 이들 종에 대한 생태적 지위(ecological niche)와 물리적 서식지 등에 대하여 심도 있는 연구가 필요하다. 본 조사에서 천연기념물(natural monument) 및 외래어종(exotic species)은 확인되지 않았다.

본 조사에서 채집된 36종 중 개체수 구성비가 가장 높은 종은 참갈겨니로 34.0%(1,588개체)를 차지하여 우점종으로 나타났고, 다음은 피라미로 22.6%(1,053개체), 쉬리 13.3%(623개체), 버들치(*Rhynchocypris oxycephalus*) 7.8%(364개체) 등의 순으로 나타났다. 또한 개체수 구성비가 0.1% 이하로 나타난 희소종에 속하는 종은 줄물개(*Gnathopogon strigatus*), 미꾸리(*Misgurnus anguillicaudatus*), 메기(*Silurus asotus*), 자가사리(*Liobagrus mediadiposalis*) 등을 포함하여 10종이었다. 각 조사지점별 개체수 구성비는 버들치(*R. oxycephalus*), 참갈겨니 및 피라미가 지점별 우점종으로 나타났다.

IBI 분석결과, St.1과 St.2를 제외하고 하류로 내려갈수록 점수는 낮아지는 것으로 나타났다(그림 2b). St.1과 St.2는 초상류 하천으로 출현 어류 종수가 적어서 IBI 점수가 낮게 나타났다. QHEI도 IBI와 비슷한 경향으로 조사지점에서 상류로부터 하류로 내려갈수록 점수가 낮아지는 것으로 나타났다(그림 2c). 본 연구결과 나타난 쉬리의 산란기는 4월에서 6월이며, 주산란성기는 5월로 나타났다(그림 2d).

표 1. 대표어종의 유속, 수심 및 하상재료에 대한 HSI 변화

Species	Velocity (m/s)	Depth (m)	Substrate size*
참갈겨니	0.1~0.4	0.2~0.4	4.0~5.0
쉬리	0.4~0.6	0.3~0.5	3.0~4.0
감돌고기	0.2~0.5	0.4~0.6	3.0~5.0

*1(silt, <0.1 mm), 2(sand, 0.1~1.0 mm), 3(fine gravel, 1.0~50.0 mm), 4(coarse gravel, 50.0~100.0 mm), 5(cobbles, 100.0~300.0 mm), 6(boulders, >300.0 mm).

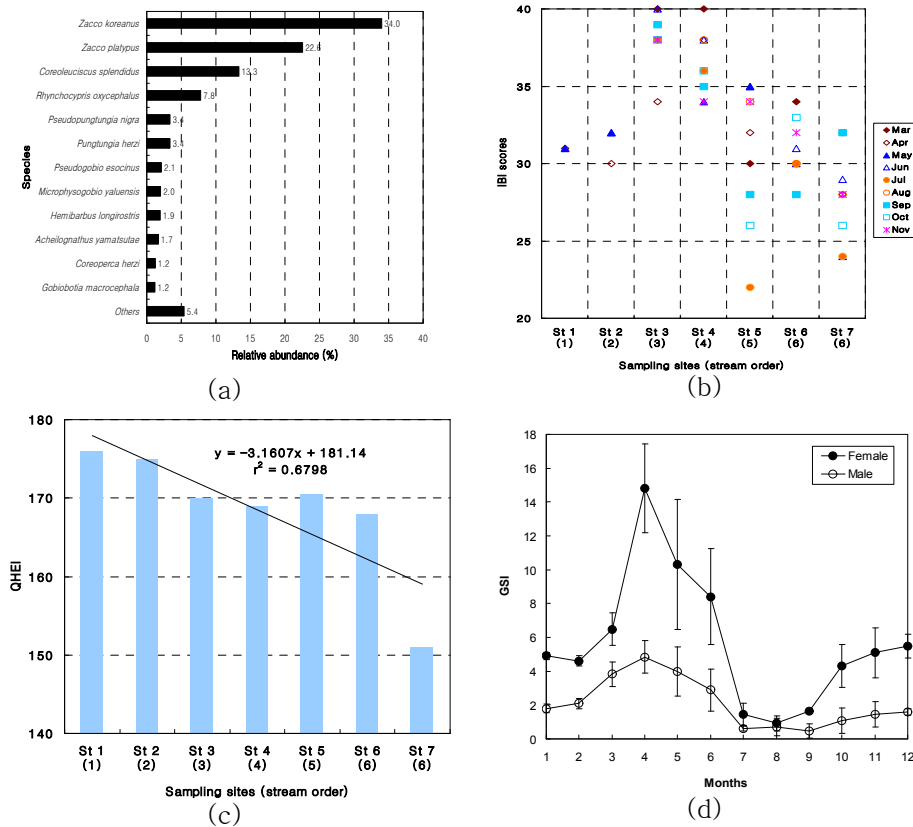
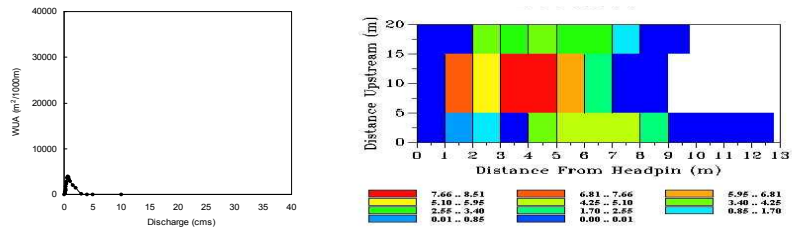


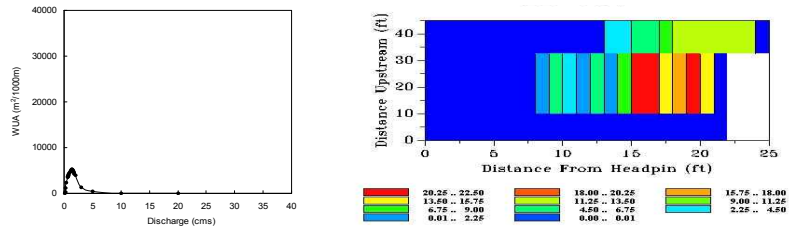
그림 2. 채집어류의 상대풍부도(a), IBI 점수(b), QHEI (c), 쉬리의 산란기 추정(d).

3.2 각 지점에서 대표어종의 HSI 및 생태유량 산정 결과

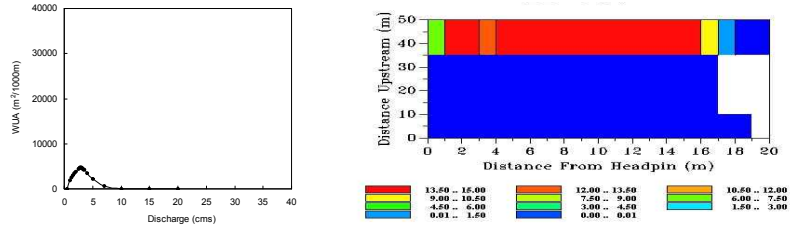
유속, 수심 및 하상에 대한 쉬리의 HSI는 유속 0.4~0.6 m/sec, 수심 0.3~0.5 m, 하상재료 가는자갈~굵은자갈로 나타났다(표 1). 각 지점에서 대표어종의 PHABSIM에 의해 산정한 각 지점에 대한 유량-WUA(가중가용면적) 관계를 그림 3에 나타내었다. WUA는 상류로부터 하류로 내려갈수록 높아지는 것으로 나타났다. 이러한 이유는 유량과 관계가 있어 하류로 갈수록 유량이 증가하여 나타나는 현상이다. 그러나 St.7에서는 St.6보다 WUA가 낮은 것으로 나타났는데 이것은 St.7의 쉬리가 살 수 있는 면적이 감소하여 나타난 결과로 추측된다. St.7은 유량은 증가하나 하천 중앙부에 하중도가 있어 한쪽은 급여울이며, 다른 한쪽은 소와 비슷한 형태를 나타내어 소 부근에서 쉬리가 살 수 있는 면적이 감소된 것으로 판단된다. 또한 2번째 단면을 제외한 부근에서는 유속이 느려 쉬리의 서식지가 감소한 것으로 보여진다. 이것은 그림 4e에서 보는 것과 같이, 1과 3단면보다 중앙단면에서 높은 WUA 값을 나타내었다.



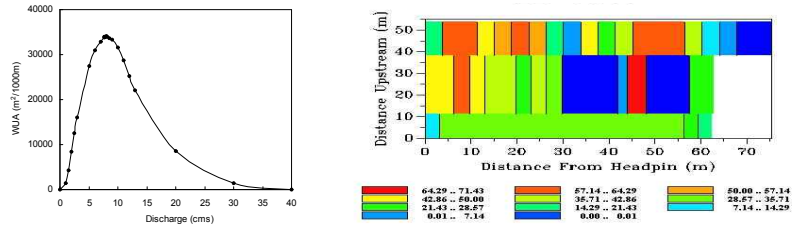
(a)참간거니(St.1)



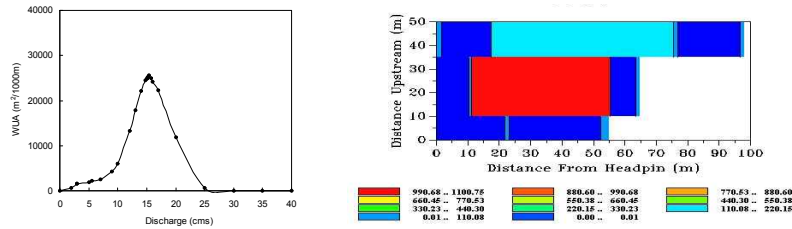
(b)감돌고기/쉬리(St.2)



(c)감돌고기/쉬리(St.3)



(d)감돌고기/쉬리(St.4)



(e)쉬리(St.5)

그림 3. 각 지점에서 대표어종의 생태유량 산정.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 건설기술혁신연구개발사업의 일환으로 진행되는 ‘자연과 함께하는 하천복원기술개발(Ecoriver 21)’ 중 ‘어류생태 모니터링 및 조절하천 유지유량 확보기술(3-1세부과제)’ 지원으로 이루어진 연구 성과입니다.

참고문헌

1. 김규호, 김정곤(2009). 어류생태 모니터링 가이드라인, p 68.