

하천정비에 따른 어류 물리서식처의 변화량 분석

Analysis of Fish Physical Habitat Changes Due to River Improvement

서일원*, 박성원**, 송창근***, 김성은****

Il Won Seo, Chang Geun Song, Sung Won Park, Sung Eun Kim

요 지

수생 생태계에서 하천 어류 서식 환경을 보호하고 유지하기 위해서는 어류의 적절한 서식 공간 확보가 선행되어야 하며, 하천정비사업에 따른 준설 시 하상변동으로 및 유속 변화로 인하여 발생하는 다양한 영향을 충분히 검토해야 한다. 본 연구에서는 우선 교각의 설치와 합류부위치로 인해 발생하는 모의 영역 내의 2차원 흐름거동을 RMA-2 모형으로 분석하였다. 또한 어류의 미시서식처를 고려한 최적의 영역에 대한 면적을 산정하였다. 이를 위해서 2차원 물리 서식처 모의 모형인 River2D를 적용하여 가중가용면적-유량 관계 곡선의 도출을 통해서 최적유량 산정시 중요한 지표인 WUA (Weighted Usable Area)의 산정결과를 어종별, 지역별 그리고 정비사업 전후에 대한 비교하였다. 적용구간은 낙동강 살리기 사업의 25공구(칠곡2, 구미 1지구: 약 8.74 km) 전체를 대상으로 하며 그중에서도 지류 합류부인 경암천부근(제1지역)과 교각부근(제2지역)에서의 분석을 실시하였다. 피라미에 대한 WUA 값 산정결과 하천정비후에 정량적인 개선 효과를 확인하였으나 안정적인 수심 및 유속분포 지역의 개선을 위한 설계검토가 필요하다 할 수 있다.

핵심용어 : 하천정비, 서식처, RMA-2, River2D, WUA, HSC

1. 서 론

수생 생태계에서 하천 어류 서식 환경을 보호하고 유지하기 위해서는 어류의 적절한 서식 공간 확보가 선행되어야 한다. 하천 생태계에서 유량의 변화는 어류뿐만 아니라 하천의 모든 생물에 큰 영향을 미치지만 특히 어류의 서식처, 산란처, 산란한 알 등에는 유량의 변화가 치명적인 영향을 미치며 서식처 이동의 관측이 단기간에 이루어질 수 있기 때문에 하천유지유량을 결정할 때에는 어류생태계를 고려해야 한다.

본 연구에서는 하천정비사업에 따른 준설 시 하상변동으로 및 유속 변화로 인하여 발생하는 다양한 영향을 검토하기 위해서 어류의 미시서식처를 고려한 최적의 영역에 대한 면적을 산정하였다. 이를 위해서 2차원 물리 서식처 모의 모형인 River2D를 적용하여 기존의 2차원 해석방법인 RMA-2 모형을 이용한 검증과정을 거치지 않고 가중가용면적-유량 관계 곡선의 도출을 통해서 최적유량 산정시 중요한 지표인 WUA의 산정결과를 어종별 지역별 그리고 정비사업 전후에 대한 비교를 하였다.

* 정회원 · 서울대학교 건설환경공학부 정교수 · E-mail : seoilwon@snu.ac.kr

** 서울대학교 건설환경공학부 박사과정 · E-mail : billy@snu.ac.kr

*** 정회원 · 서울대학교 건설환경공학부 박사수료 · E-mail : bay680@snu.ac.kr

**** 서울대학교 건설환경공학부 박사과정 · E-mail : eric1004@snu.ac.kr

2. 수치 해석적 연구

2.1 River2D

River2D 모형의 수리·동역학적 요소는 2차원적이고 평균수심을 사용한 St. Venant Equation을 지배방정식으로 이용한다. 아래 세 개의 방정식은 유체의 질량보존과 두 가지 운동량 벡터의 보존을 나타낸다.

$$\frac{\partial h}{\partial t} + h \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) + u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} h \frac{\partial u}{\partial t} + hu \frac{\partial u}{\partial x} + hv \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{h}{\rho} \left(E_{xx} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + E_{xy} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + gh \left(\frac{\partial a}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial x} \right) \\ + \frac{g u n^2}{C^2} (u^2 + v^2)^{1/2} - \zeta V_a^2 \cos \psi + 2 h v \omega \sin \phi = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} h \frac{\partial v}{\partial t} + hu \frac{\partial v}{\partial x} + hv \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{h}{\rho} \left(E_{yx} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + E_{yy} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + gh \left(\frac{\partial a}{\partial y} + \frac{\partial h}{\partial y} \right) \\ + \frac{g v n^2}{C^2} (u^2 + v^2)^{1/2} - \zeta V_a^2 \cos \psi + 2 h u \omega \sin \phi = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

여기서, H 는 흐름의 평균수심, U 와 V 는 각각 x 와 y 좌표에서의 수심평균된 유속값(depth averaged velocities)이다. 아래와 같이 q_x 와 q_y 는 유속과 관계있는 각각 (x 축과 y 축)의 유출율이다. g 는 중력가속도, ρ 는 물의 밀도이며, S_{ox} 와 S_{oy} 는 x 축과 y 축의 하상경사, S_{fx} 와 S_{fy} 는 각각의 마찰경사이다. τ_{xx} , τ_{xy} , τ_{yx} , 그리고 τ_{yy} 는 수평응력 인자를 표현한다. River2D의 구동에 필요한 서식처 적합도 지수(HSC)는 낙동강 유역조사(건설교통부, 한국수자원공사, 2004)시 작성된 결과를 이용하였으며, 다음 식을 이용하여 복합서식처 적합도 지수 C_i 를 산정하게 된다.

$$C_i = f(v)_i \times f(d)_i \times f(c)_i \quad (4)$$

$$WUA = \sum_{i=1}^n A_i \times C_i \quad (5)$$

여기에서 C_i 는 셀 i 의 복합 서식처 적합도 지수, v_i 는 셀 i 의 유속에 대한 서식처 적합도 지수, d_i 는 셀 i 의 수심에 대한 서식처 적합도 지수, c_i 는 셀 i 의 하도지수에 대한 서식처 적합도 지수이다. 다음으로 셀 면적에 복합 서식처 적합도 지수를 곱하여 WUA-유량간의 관계 곡선을 통해 어류 서식에 적합한 최적의 유량을 결정할 수 있다. 여기에서 A_i 는 i 셀의 면적이다.

2.2 대표 어종의 선정 및 서식적합도 지수

River2D의 구동에 필요한 서식처 적합도 지수(HSC)는 낙동강 유역조사(건설교통부, 한국수자원공사, 2004)시 작성된 결과를 이용하였으며, 대상어종인 피라미와 감돌고기의 성어기에 대한 유속, 수심, 하도지수의 적합도 곡선은 다음과 같다(그림 2). 대상하천에서의 대표어종인 피라미와 감돌고기의 경우 모두 비교적 작은 유속과 얕은 수심에서 서식하는 것을 확인하였으며 일반적으로

로 성어기의 경우는 활동범위가 매우 크기 때문이며 산란기와 치어기의 경우는 다소 차이가 있다. 또한 Channel Index 수치에 대한 HSC(Habitat Suitability Criteria) Index는 약 4 정도일 때 1로 일정하게 산정되었다.

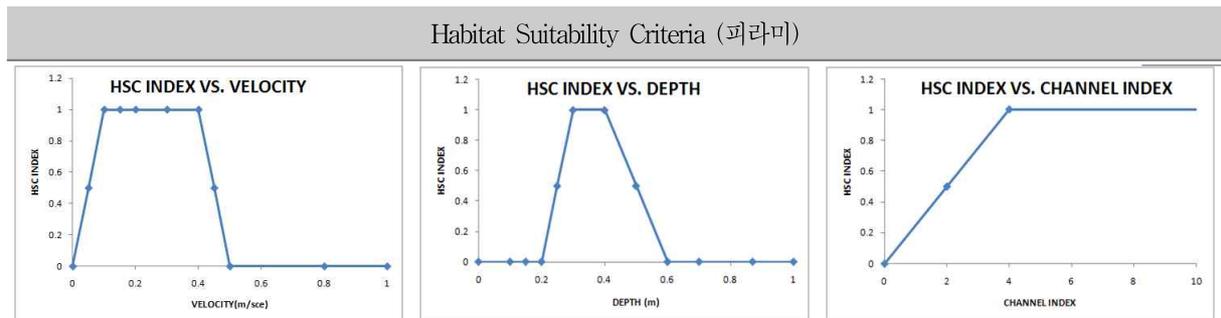


그림 2. 모의 대상하천에 서식하는 어종의 index (대상어종: 피라미)

3. 수치모의

3.1 적용구간

모형의 적용구간은 낙동강 살리기 사업의 25공구(칠곡2, 구미 1지구: 약 8.74 km) 전체를 대상으로 하며 2차원 흐름분포 모의를 RMA-2 모형을 이용하여 수행하였으며 그중에서도 지류 합류부인 경암천 부근(제1지역)과 교각부근(제2지역)에서 세부적인 분석을 수행하였다(그림 1). 대표어종의 선정은 2004년에 건설교통부가 주관하고 한국수자원공사에서 발행한 ‘낙동강유역조사 보고서’에서 제안하고 있는 어종을 대상으로 선정하였다. 선정어종의 서식처를 고려한 최적 유량을 산정하고자 적용될 2차원 모형인 River2D는 어류 서식처를 위한 최적조건을 결정하기 위해 수리학 적 모형과 서식처 적합도 지수의 결합을 통해 WUA-유량 관계곡선을 이용하여 최적의 유량을 산정한다.

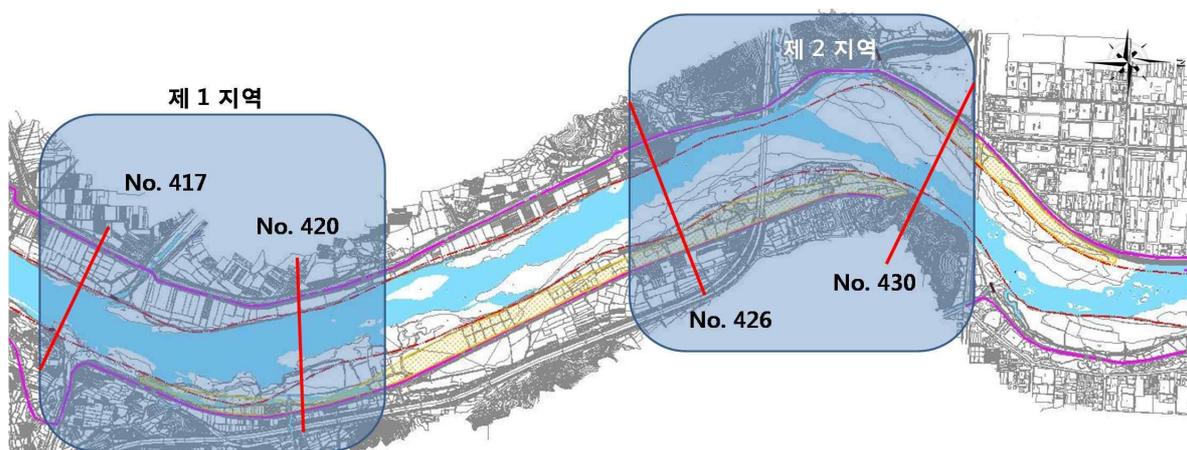


그림 1. River2D 모의 대상유역

3.2 모의결과

경계조건은 평수기의 조건으로 상류단 유입유량은 73.66 cms, 하류단 경계수위 18.7 m, 그리고 조도계수 0.024로 설정하여 모의를 수행하였다.

가. 수심변화 비교

1지역의 경우 정비전의 수심분포의 편차는 크지 않으나 수심값은 전반적으로 서식처 환경에 취약하다 할 수 있다. 정비후에는 수심이 더욱 깊어지지만 그 면적이 작아지고 상대적으로 얕은 수심의 발생지역이 넓게 분포되어 어류 서식처 환경이 보다 크게 조성될 것으로 예상된다. 2지역의 현상태는 전체적으로 수심이 매우 낮게 발생하여 서식처 환경에 적합하다 할 수 있으나, 하도구간내에 대부분 물이 거의 흐르지 않는 상태(dry state)가 예상되므로 생태서식환경이 하천 정비후에 보다 개선될 것으로 예상된다.

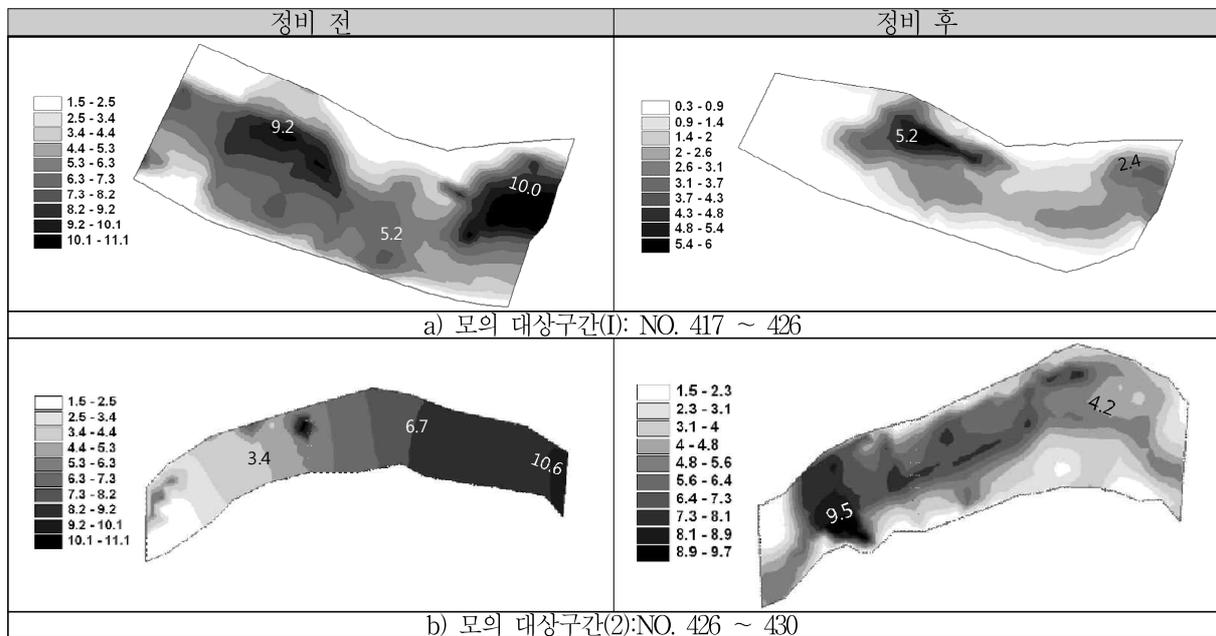


그림 3. 모의 대상구간의 하천정비 전후의 수심변화 비교

나. WUA값 산정

하천정비 전후에 대한 WUA 값의 변화는 다음 표 1과 같다. 피라미의 서식처환경 개선에 대한 효과는 1지역, 즉 경암천의 유입부 부근에서 보다 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 또한 교각주변의 변화가 두드러지는 2지역의 경우도 모의결과를 통해서 다소 개선의 효과를 확인할 수 있으나 보다 어류서식처 환경개선 측면에 있어서의 큰 효과를 위한 준설계획에 대한 개선책이 필요하겠다.

표 1 하천정비에 따른 WUA 값의 변화분석

	정비 전	정비 후	변화량
제 1지역	2,013.56 m ²	51,620.28 m ²	약 40 배 증가
제 2지역	10,307.39 m ²	9704.63 m ²	약 0.5 배 증가

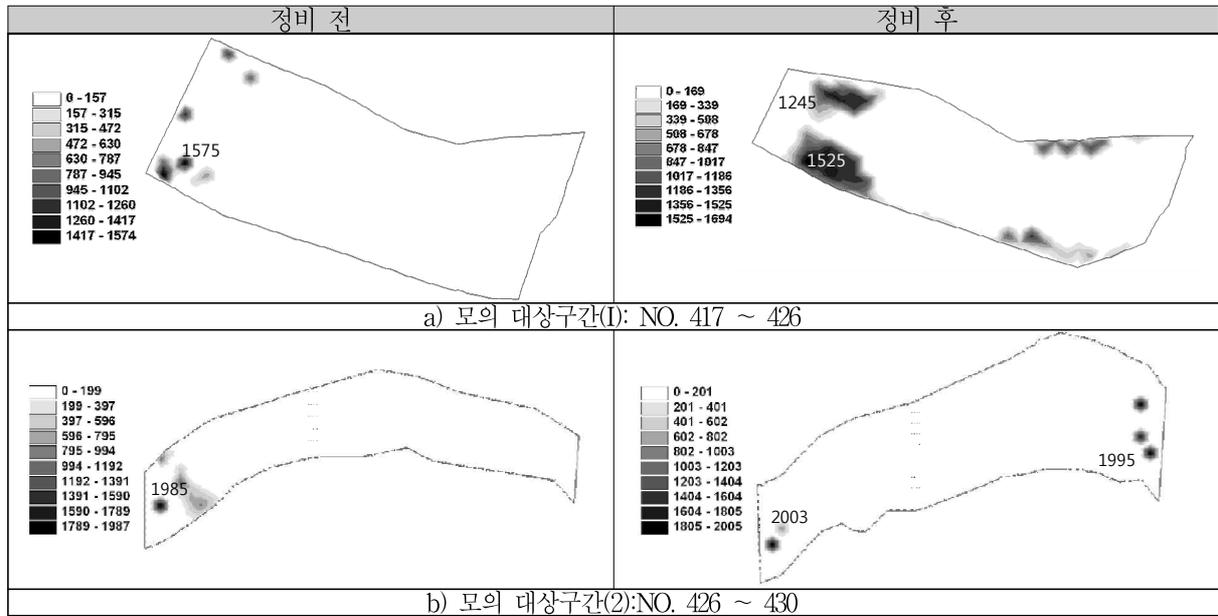


그림 4. 모의 대상구간의 하천정비 전후의 WUA변화 비교

4. 결론

본 연구에서는 ‘4대강 살리기 사업’의 일환으로 수행되고 있는 낙동강 25공구 전체 구간 중 지류합류부인 경암천 부근(1지역)과 교각부근(2지역)에서의 어류서식처 생태환경변화에 관한 2차원 수치모의를 평수기 조건으로 수행하였다. 모의 결과 두 지역 모두 환경개선의 결과(1지역: 40배 증가; 2지역: 0.5배 증가)를 얻어내었으나 보다 효율적인 준설계획의 제안이 필요한 실정이며 적용대상어종의 다양성을 확대하여 수변환경의 개선을 위한 공학적 근거를 마련할 필요가 있다.

감사의 글

본 연구는 서울대학교 SIR BK21 (안전하고 지속가능한 사회기반건설)사업단과 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단의 연구비 지원(과제번호: 2-3-3; 과제명: RAMS 적용) 연구비 지원으로 수행되었으며, 이에 감사의 뜻을 표합니다. 본 연구는 서울대학교 공학연구소에서 수행되었습니다.

참고 문헌

1. 오국열, 정상만, 이주현, 최계운, 김도희 (2008). “1차원 및 2차원 물리서식처 모의를 이용한 어류서식조건 유지에 필요한 최적유량 산정.” 한국방재학회논문집, 한국방재학회, 제8권, 1호, pp. 117-123.
2. 강정훈, 이은태, 이주현, 이도훈 (2004). “어류의 서식처 조건을 고려한 하천의 필요유량 산정에 관한 연구.” 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제37권, 제11호, pp. 915-927.
3. Blackburn J, Steffler P (2002) “River2D Two-Dimensional Depth Averaged Model of River Hydrodynamics and Fish Habitat.” *Introduction to Depth Averaged and User’s Manual River2D Tutorials*, University of Alberta.