Ecology and Resilient Infrastructure (2023) 10(4): 250-257
https://doi.org/10.17820/eri.2023.10.4.250

http://www.kseie.or.kr/
Online ISSN: 2288-8527

ORIGINAL ARTICLE

수목밀도와 유량에 따른 금강의 물리서식처 변화 분석

Analysis of Habitat Conditions by Tree Density and Discharge in the Geum River

최미경[1] · 강태운[2] · 장창래[3*]

[1]충남대학교 농업과학연구소 박사후 연구원, [2]한국환경연구원 물국토연구본부 통합물관리실 초빙연구원,
[3]국립한국교통대학교 토목공학과 교수

Mikyoung Choi[1], Taeun Kang[2] and Changlae Jang[3*]

[1]Researcher, Institute of Agricultural Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea
[2]Visiting Research Fellow, Water Land Research Group Division for Integrated Water Management, Korea Environment Institute, Sejong 30147, Korea
[3]Professor, Department of Civil Engineering, Korea National University of Transportation, Chungju 27469, Korea

Received 5 December 2023, revised 18 December 2023, accepted 18 December 2023, published online 31 December 2023

ABSTRACT: Tree in river have environmental functions such as ecosystem preservation and flood control functions that protect the riverbank. On the other hand, excessive tree development can have the negative effect of fixing the sand bar and reducing the cross-sectional area. Nays2D simulation results performing two flow conditions (average dam operation discharge and two-year frequency discharge) and four tree density conditions (current, zero, low, high tree density) used as input data for PHABSIM to calculate WUA (Weighted Usable Area). The results show that riverbed changes occur more significantly in the zero tree density than presence of trees, which could have a positive impact on the biological habitat environment of *Zacco platypus*.

KEYWORDS: 2D riverbed simulation, Geum River, Physical habitat simulation, Tree density, Weighted usable area

요 약: 하천에서의 수목은 생물다양성 증진의 환경적 기능과 하안을 보호하는 치수적 기능을 가지는 반면, 과도한 수목 발달로 인하여 사주가 고정화되고, 통수단면적이 부족해지는 부정적인 영향을 미치기도 한다. 본 연구에서는 실제 하천 현장조사를 통하여 수목밀도를 산정하고, 수목밀도를 반영한 2차원 수치모의 (Nays2D) 결과를 활용하여 유량과 수목밀도에 따른 하상변동이 생물 서식처 변화에 미치는 영향을 PHABSIM모의를 통하여 추정한다. 2가지 유량 조건 (평균 댐운영 방류량과 2년빈도 방류량)과 4가지 수목 밀도 조건 (2021년 수목 밀도, 밀도를 0으로 조정한 전체 벌채, 밀도를 0.5배 감소한 경우, 밀도를 2배 증가하는 경우)을 이용한 8개의 시나리오를 Nays2D모의를 수행하여 도출한 하상변동 결과를 PHABSIM의 입력자료로 활용하여 피라미를 대상으로 시나리오 별 가중가용면적 (WUA)을 산정하였다. 그 결과 수목이 없는 경우에 하상 변동이 더 현저하게 발생하게 되고, 그에 따라 피라미 서식 환경에 긍정적인 영향을 미칠 수 있음을 추정할 수 있었다.

핵심어: 2차원 하상변동 모의, 금강, 물리적 서식처 모의, 수목밀도, 가중가용면적

***Corresponding author:** cljang@ut.ac.kr, ORCID 0000-0001-8041-6230

ⓒ Korean Society of Ecology and Infrastructure Engineering. All rights reserved.
This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서 론

하천에서의 수목은 다양한 흐름을 형성하고, 하상의 퇴적과 세굴을 유도하여 다양한 서식처를 형성하여 생물다양성을 증가시킨다. 또한 제외지와 제내지의 동물 이동경로로서 하천과 하천 외부를 유기적으로 연결시키기도 한다(Tabacchi and Tabacchi 1996, USDA 1998). 하지만 과도한 수목 발달은 안정식생역으로의 천이를 가속화시켜 소멸과 생성을 반복하는 이동상 사주를 고정화시켜 하천의 역동성을 저하시키고, 통수단면적이 부족해져 치수적 안정성을 저해하기도 한다(Kim et al. 2020). 2010년대 국내하천은 1980년대와 비교하여 하천의 상당부분이 전통적인 모래/자갈 하천에서 식생이 가득한 하천으로 바뀌고 있다(Woo and Park 2016). 댐과 같은 인위적 교란으로 인한 유량과 유사량의 흐름 안정화뿐 만 아니라, 하천으로의 영양물질 유입 증가와 봄철 강우 감소로 하천식생이입과 발달은 가속화되고 있다(Johnson 1994, Woo et al. 2019).

이에 따라 하도 내 수목의 적응 관리 방안이 대두되고 사회적 관심과 연구는 증가하고 있으며, 하천의 특성 및 식생이 가지고 있는 하천환경 기능을 이해하고 반영하는 것이 중요하다. 더욱이 치수상 악영향을 미칠 우려가 있다고 판단되는 경우에는 벌채를 시행할 수 있으나(MOLIT 2007), 구체적인 수목의 처리기준이 없기 때문에 치수적 안정성을 확보하고, 하천환경을 고려한 사주와 식생 관리방안이 필요하다.

하천에서는 흐름, 식생, 유사이동이 서로 영향을 주고받으며 지형이 변화하기 때문에, 사주와 식생 관리방안을 제시하기 위하여 식생과 흐름에 따른 지형변화 분석 및 예측이 선행적으로 필요하다. Kim et al. (2014)은 2차원 흐름/유사이동 모형과 식생생장모형을 추가하여 하도의 식생활착 및 성장에 의한 지형변화과정을 수치모의 하였으며, Hwang et al. (2022)과 Jang et al. (2021)은 Nay2D수치모의를 통하여 식생대에서의 소류사 이동과 하도변화를 분석하였다.

지형이 하천환경에 미치는 영향을 평가하기 위하여 국내에서는 1차원 물리적 서식처 모델인 PHABSIM (Physical Habitat Simulation System)을 활용하고 있다. PHABSIM은 연구 대상지의 수리적 특성(수심, 유속, 저질)과 목표 어종 모니터링 기반 수리적 특성에 따른 서식처적합도지수(Habitat Suitability Index, HSI)를 입력자료로 모의한다. 그리고 유량 증감에 따른 수리적 특성 변화를 기반으로 목표 어종이 서식하기 유리한 조건을 만족하는 가중가용면적 (WUA, Weighted Usable Area)을 이용하여 대상지의 적정 유량을 제시한다(K-water 2018). 목표 어종으로 피라미와 같은 우점종이나 참갈겨니, 쉬리, 감돌고기 등의 보호종 및 고유종을 선정하여 환경생태유량을 산정하고 있다(Hur and Kim 2009, Kang 2010, K-water 2018). 기본적으로 PHABSIM모의를 위해서는 하천의 수리적 특성(수심, 유속, 저질)의 실측 자료를 이용하지만, 1차원이나 2차원 지형 변동 모의 결과를 기반으로 PHABSIM을 모의하여 하천의 서식처를 추정하기도 한다 (Lee et al. 2014, Park et al. 2020, Choi et al. 2021).

본 연구에서는 실제 하도 내 수목 현장조사 기반 수목밀도를 반영한 2차원 흐름 및 하상변동 모의(Nays2D) 결과를 PHABSIM의 입력자료로 활용하여 수목과 유량에 따른 하상변동이 피라미 (*Zacco platypus*) 서식처의 변화에 미치는 영향을 파악하고자 한다. 본 연구에서는 Nays2D를 이용한 2차원 수치모의는 PHABSIM의 입력자료로 활용하는 정도로만 서술하며, 서식처 평가인 PHABSIM 모의와 결과에 중점을 두고 서술한다.

2. 연구방법

2.1 연구대상지

연구대상지는 금강 대청댐 직하류로 갑천 합류 후 미호천 합류 전 아람찬교 인근 약 1.2km 구간을 대상으로 한다 (Fig. 1). 연구대상지는 곡류구간으로 하중도, 모래사주, 식생사주 등 하도 내 다양한 지형이 발달한 구간이다. 대상지의 평균 하폭은 611 m이며, 하상경사는 약 0.0012이다.

2.2 PHABSIM 입력 조건을 위한 Nays2D 모의

Nays2D를 이용한 하상변동 모의는 연구대상 구간을 포함한 약 12 km를 대상으로 수행하였으며, 유량 조건은 평균 댐운영 방류량과 2년빈도 방류량을 부등류로 고려하여 사용하였다. 댐운영 방류량은 30년 동안 대청댐 운영에 의하여 방류된 유량을 평균하여 설정하였으며, 2년 빈도 방류량은 금강 하천기본계획(MOLIT, 수립중)에서 산정한 대청댐 일정률-일정량 운영률에 의한 만제유량이 발생하는 2년 빈도 홍수량과 지속기

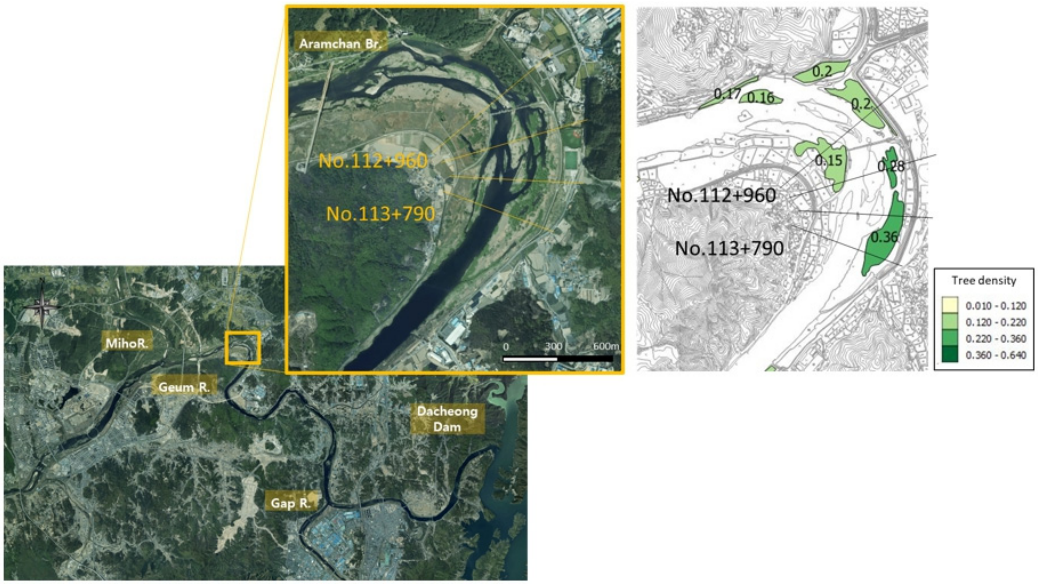


Fig. 1. Study site and 2021 current tree density.

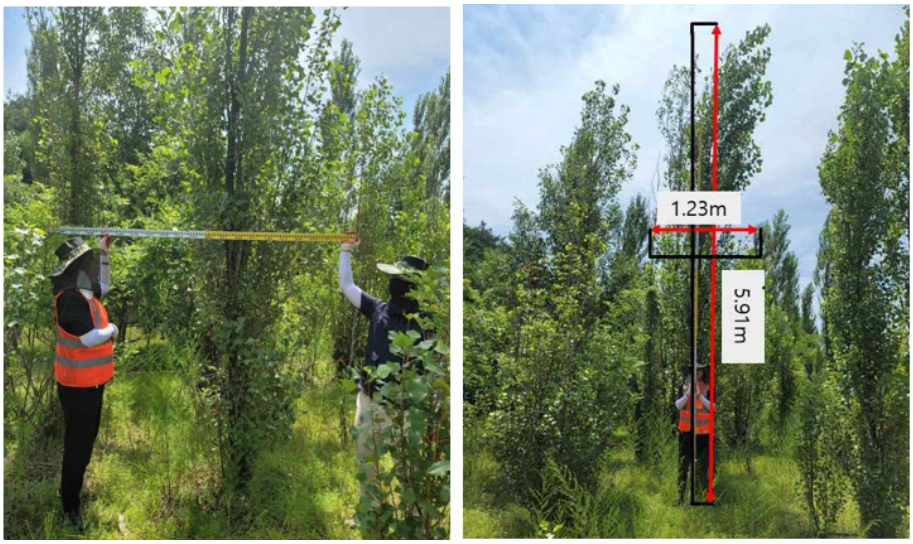


Fig. 2. Monitoring images of tree density.

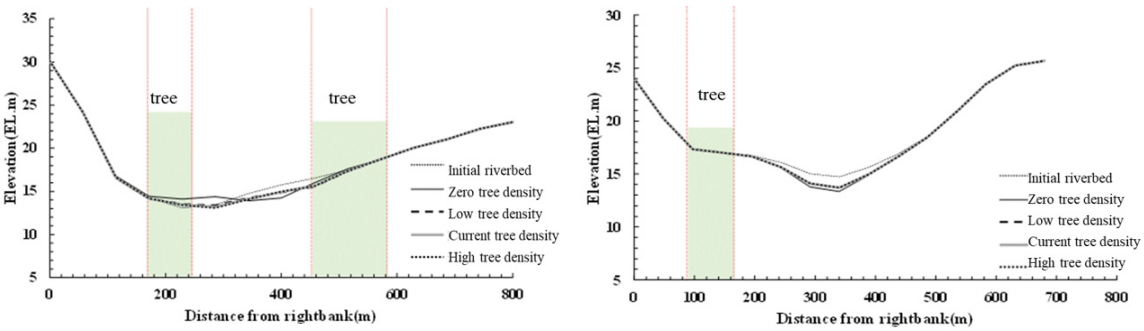
간을 사용하였다.

2021년 8월 5일부터 6일까지 수목밀도 현장 조사를 수행하였으며, 현장에서 수관고, 수관폭, 수종, 수목 개수를 확인하여 지도에 표기하고, 면적당 수목밀도를 산정하였다 (Fig. 2). 현장조사에 의하여 설정한 수목밀도는 2021년 수목 현황으로 정리하였고 (2021 current tree density) (Fig. 1), 벌채를 통하여 현재 식생을 모두 제거한 경우 (zero tree density), 전체벌채 대신 솎아베기를 가정하여 식생현황의 밀도를 0.5배로 감소한 경우 (low tree density), 식생관리를 시행하지 않아 식생 번성으로 인하여 밀도가 2배 증가하는 경우 (high tree density)인 4가지 수목밀도를 반영하여 Nays2D모의를 수행하였다.

따라서 Nays2D 수치모의는 유량 조건 2가지, 수목밀도 조건 4가지로 모두 8개의 시나리오에 대하여 모의하였으며 (Table 1), 상세한 모델 설명, 방류량 설정 방법, 지속시간, 초기 입력 조건, 수목밀도 적용 방법 등은 K-water (2022)와 Shin (2022)을 참고한다.

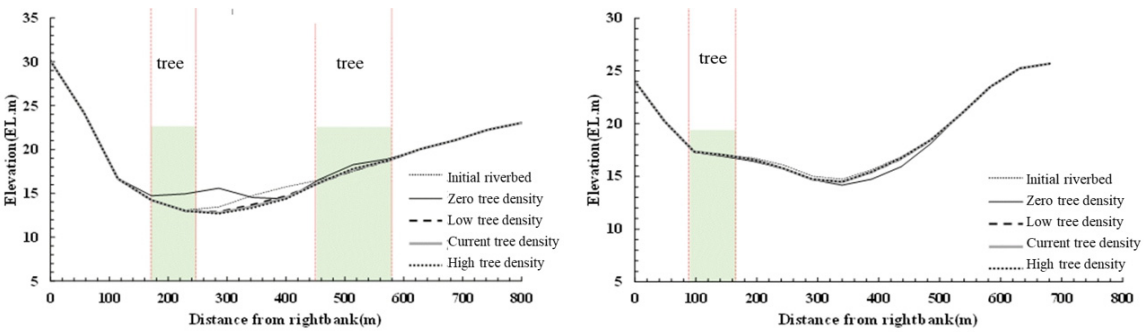
Table 1. Nays2D simulation scenario by discharge and tree density

Discharge by dam operation (nonuniform flow) (m^3/s)		Duration (hr)	Tree density (m^{-1})			
			① Zero density	② Low density	③ 2021 current density	④ High density
			(③×0)	(③×0.5)		(③×2)
Average dam operation discharge (30years observation data)	481.98	120	0	0.38~0.64	0.76~1.28	1.52~2.56
2-year frequency dam control discharge (Auto ROM)	2185.00	24	0	0.38~0.64	0.76~1.28	1.52~2.56



(a) No. 112+960 (b) No. 113+790

Fig. 3. Cross-section results of Nays2D riverbed changes simulation by average dam operation discharge with tree density.



(a) No. 112+960 (b) No. 113+790

Fig. 4. Cross-section results of Nays2D riverbed changes simulation by 2-year frequency dam control discharge with tree density.

2.3 PHABSIM 물리서식처 모의

Nay2D 하상변동 모의 결과값에서 No. 112+960과 No.113+790을 포함한 횡단면 4개의 표고, 수위, 유속 자료를 PHABSIM 서식처 평가 모델의 입력 조건으로 사용하였다 (Figs. 3 and 4). PHAMSIM은 유량-WUA (weighted usable area, 가용서식지면적 또는 가중 가용면적) 관계를 제공하여 어류서식에 필요한 생태유량을 제공한다. PHABSIM모의를 위하여 하천의 물리적 서식처를 평가하기 위한 변수로 유속, 수심, 저질 상태가 필요하며, 각 변수에 따른 생물의 서식처적합도 지수 (HSI, Habitat Suitability Index)가 필요하다. 서식도 적합도 지수는 각 변수 값에 따라 최소 0에서 최대 1의 값을 가진다. 본 연구에서는 Kang (2010)에 따라 금강 수계에 서식하고 있는 피라미를 대표어종으로 선정하였으며, 피라미의 서식도 적합도지수를 사용하였다. 피라미의 서식도 적합도 지수가 1이 되는 적정 수심은 0.25~0.5 m이며, 적정 유속은 0~0.4 m/s이다 (Kang

2010). 수심, 유속 그리고 저질의 서식처 적합도 지수는 곱하여 복합서식처적합도지수(CSI, Combined suitability index)로 환산되며, 복합서식처적합도지수에 공간 면적(A)을 곱하여 가중가용면적(WUA, Weighted usable area)을 산출한다 (Eq. 1).

$$WUA = \sum A \times CSI \quad \text{(Eq. 1)}$$

본 연구에서는 각 시나리오 별 WUA을 산정하여 비교하였으며, 특히 금강 유황 별 (갈수량(Q355)_15.99 m^3/s, 저수량(Q275)_20.96 m^3/s, 평수량(Q185)_30.91 m^3/s, 풍수량(Q95)_66.08 m^3/s) WUA을 비교·검토하여 피라미 서식처 변화를 추정하였다.

3. 결 과

평균 댐 방류량과 수목밀도에 따른 Nays2D 하상변동 모의 결과를 이용한 PHABSIM의 WUA 산출 결과, 수목을 반영하지 않은 전체벌채는 30 m^3/s 에서 최대 127,252 $m^2/1000m$ 이며, 식생현황은 10 m^3/s 에서 91,195 $m^2/1000m$, 낮은 수목밀도는 10 m^3/s 에서 91,692 $m^2/1000m$, 높은 수목밀도는 10 m^3/s 에서 91,604 $m^2/1000m$ 로 나타났다 (Fig. 5 (a)). 2년빈도 댐 방류량과 수목밀도에 따른 하상변동 모의 결과를 이용한 WUA의 산출 결과, 전체벌채는 21 m^3/s 에서 WUA 최대 107,047 $m^2/1000m$, 식생현황은 10 m^3/s 에서 10,966 $m^2/1000m$, 낮은 수목밀도는 10 m^3/s 에서 93,800 $m^2/1000m$, 높은 수목밀도는 10 m^3/s 에서 97,866 $m^2/1000m$ 로 나타났다 (Fig. 5 (b)). 평균 댐 방류량과 2년 빈도 댐 방류량 모두 전체 벌채의 경우 WUA가 가장 높게 나타났다. 두가지 유량 조건 중에서는 전체벌채를 제외한 모든 수목밀도에서 2년 빈도 댐 방류량이 평균 댐 방류량에 비하여 근소하게 높은 WUA값을 나타냈다.

Fig. 6는 금강의 갈수량, 저수량, 평수량, 풍수량 별 WUA값을 비교한 그림이다. 평균 댐 방류량과 수목밀도에 따른 Nays2D 하상변동 모의 결과를 이용한 PHABSIM의 WUA 산출 결과 모든 유량에서 전체 벌채의 WUA가 가장 높게 나타났으며, 반면 수목밀도 차이에 따라서 WUA의 현저한 차이는 보이지 않았다. 2년 빈도 댐 방류량과 수목밀도에 따른 모의 결과를 이용한 WUA에서도 전체 벌채가 수목이 있는 경우보다 높은 WUA 값을 보이지만, 풍수량일때는 낮은 경향을 보인다. 평균 댐 방류량에서 수목밀도 차이에 따른 WUA 값은 큰 차이가 발생하지 않지만, 2년 빈도 댐 방류량에서 높은 수목밀도는 현재 수목 밀도에 비하여 낮은 WUA값을 보인다.

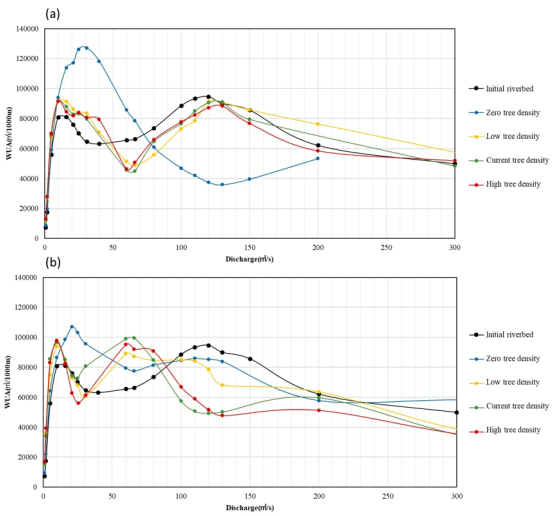


Fig. 5. WUA results of PHABSIM by average dam operation discharge (a) and 2-year frequency dam control discharge (b) with tree density.

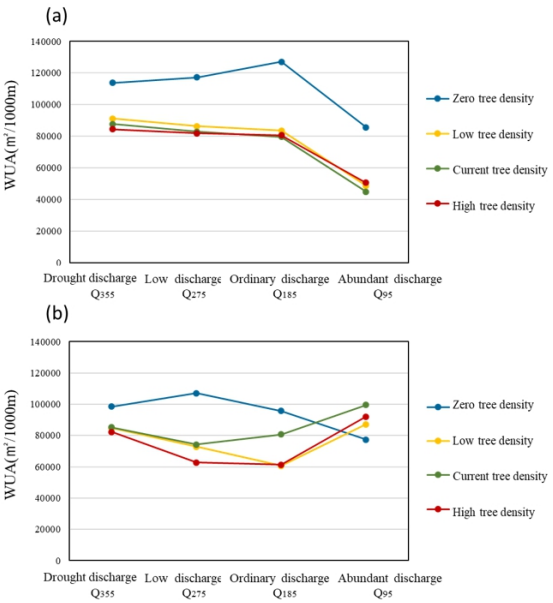


Fig. 6. Comparison of WUA per discharge by average dam operation discharge (a) and 2-year frequency dam control discharge (b) with tree density.

4. 고 찰

수목밀도를 반영하지 않은 전체벌채의 경우 WUA가 다른 수목밀도 조건에 비하여 가장 높으며, 갈수기, 저수기, 평수기 모두 높은 것은 대표 단면인 No. 112+960과 No. 113+790에서 추정할 수 있다 (Figs. 3 and 4). 수목밀도를 반영하지 않은 경우, 만곡부 곡률에 기인한 이차류가 크게 발생하여 하상변동이 더 크게 발생한다. 특히, 하폭이 넓기 때문에 당초에 하중도가 발생하며 하중도 종단방향 직하류는 퇴적이 발달하고 하중도 횡단방향 주변으로는 침식이 가속화되었다. 반면에, 식생대 지역은 유속이 감소하여 통수능이 저하되고, 그만큼 식생대 주변으로 흐름이 집중되고 유속이 증가하였다. 이는 식생대 횡단방향으로 이차류를 발달시키고 침식의 가속화를 초래하기도 하였다. 즉, 식생대가 없는 경우에는 사주가 고착되지 않고 역동적으로 형성 및 이동할 수 있기 때문에, 이는 결국 고수부와 저수로의 표고차를 감소시키고 그에 따라 피라미 서식 환경에도 긍정적인 영향을 미칠 수 있음을 추정할 수 있다. 또한 식생대가 발달하게 되면, 식생대로 인해 사주가 고착화되고 식생대 주변으로 세굴이 가속화되어 저수로가 깊게 발달할 수 있기 때문에 하폭대비 저수로의 면적이 작아져, 갈수기, 저수기와 같이 유량이 적은 경우에는 WUA가 적어질 수 있을 것으로 판단된다.

평균 댐 방류량과 2년 빈도 댐 방류량 모두 전체벌채의 최대 WUA가 다른 수목 조건보다 더 많은 유량일 때 발생하는 것은 하도의 퇴적과 세굴로 단면 형상이 주수로와 고수부의 표고차가 줄어들면서 적정 수심과 유속을 만족하는 조건을 가지기 위한 유량이 많이 필요하고, 해당 유량에 도달했을 때의 수면적이 다른 조건일 때보다 상대적으로 많기 때문이다. 또한 70 m^3/s을 초과하는 유량에서도 고수부가 범람하여 고수부에서의 적정 수심과 유속이 발생하여 WUA가 다시 증가하는 경향을 보이는데, 전체벌채가 다른 수목밀도를 반영한 경우보다 유량이 많을 때 다시 상승하는 경향을 보인다.

반면 수목을 반영한 수목밀도 차이 별 WUA차이는 크지 않은 것으로 판단된다. 수목밀도를 고려한 평균 댐 방류량에 의한 단면인 No.112+960측선을 살펴보면, 식생대가 위치한 영역은 하상이 퇴적되고 식생대가 없는 영역에서는 하상고가 저하되는데, 수목밀도 차이 간 하상고의 차이가 약 0.01 m 에서 0.1 m에 지나지 않는다. 또한 수목밀도를 고려한 2년 빈도 방류량에서도 수목밀도 차이 간 하상고의 변화가 약 0.01 m에서 0.14 m이다. 그래서 해당 단면을 입력자료로 PHABSIM모

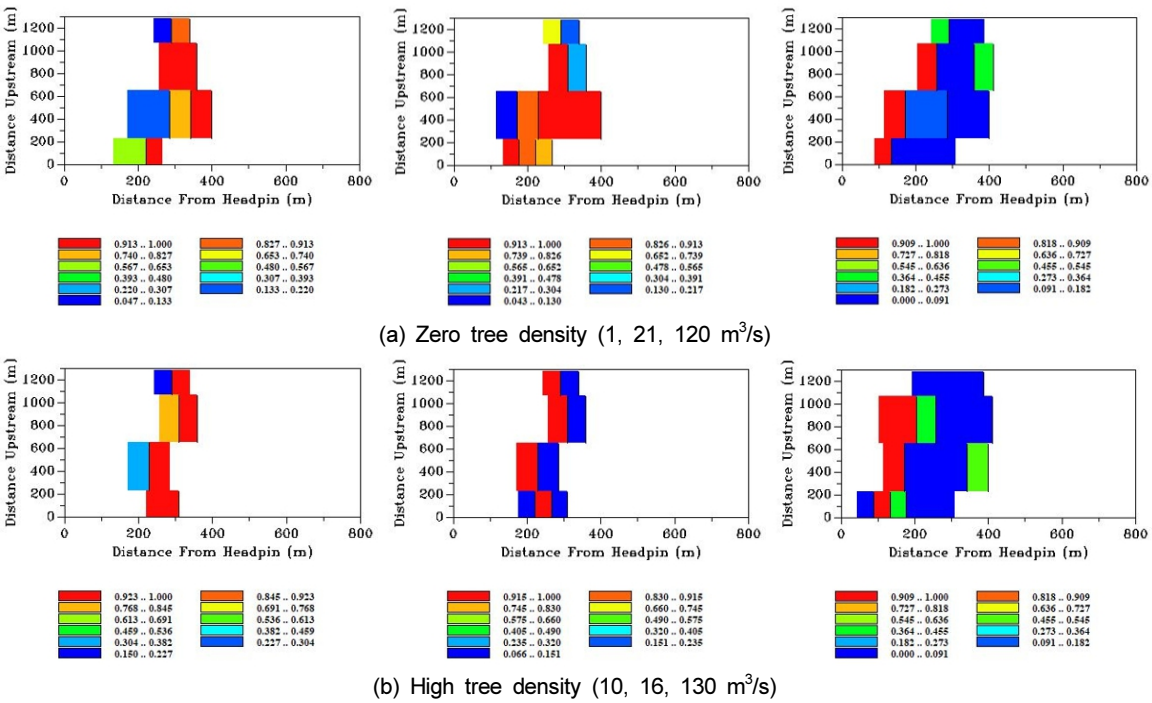
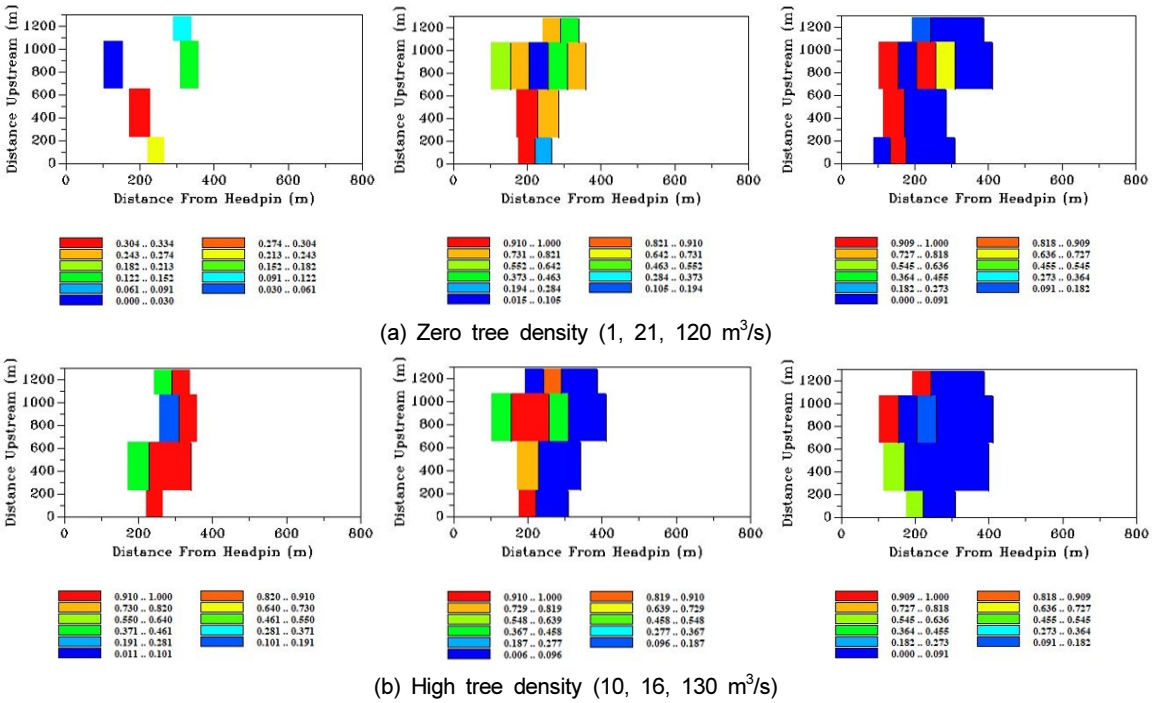


Fig. 7. CSI (Combined suitability index) by tree density and average dam operation discharge.



(a) Zero tree density (1, 21, 120 m^3/s)

(b) High tree density (10, 16, 130 m^3/s)

Fig. 8. CSI (Combined suitability index) by tree density and 2-year frequency dam control discharge.

의를 수행하였을 경우 유량 별 수심과 유속 차이가 수목 밀도 차이에 따라 확연하게 발생하지 않는 것으로 판단된다.

그리고 모든 시나리오에서 WUA값이 유량 10~30 m^3/s에서 가장 높아지고, 이 후 유량이 증가함에 따라 감소하다가 또다시 증가하는 경향을 보인다. 유량이 적을 때는 저수로에서 피라미의 서식적합도가 높은 수심 0.25 ~ 0.5 m, 유속 0 ~ 0.4 m/s를 만족하는 영역이 많았다가, 유량이 증가하면서 저수로의 수심이나 유속이 증가하여 서식적합성이 감소하고, 다시 고수부가 범람하는 유량이 발생하면서 고수부에 적정 수심 및 유속을 만족하는 영역이 증가하는 경향이 있기 때문으로 판단할 수 있다. Figs. 7과 8의 유량 별 복합서식처지수 분포 그림에서 확인할 수 있듯이, 100 m^3/s을 초과하는 유량일 때 고수부가 잠기면서 복합서식처지수가 표시되는 영역이 증가한다.

본 연구에서는 금강 대청댐 하류의 현장조사 자료를 기반으로 수목밀도를 고려한 수치모의를 수행하였으며, 피라미를 대상으로 서식처 적합도를 분석하였다. 보다 정량적인 분석과 검증을 위하여 대하천을 대상으로 한 목표종 설정과 현장조사 기반 단면 지형 자료를 이용하여 모의를 수행할 필요가 있다. 특히 피라미뿐만 아니라 어류 군집 특성을 반영하고, 실제 모니터링 개체수와의 분석 및 검증이 수행되어야 한다. 또한, 홍수 전후의 하상변화 자료를 수집하여 하상변동 모의를 검증하게 된다면 보다 명확하게 물리서식처 변화를 규명할 수 있을 것으로 판단된다.

5. 결 론

본 연구에서는 하천의 수목 현장조사를 통한 수목밀도를 산정하고, 수목밀도를 반영한 2차원 하상변동 모의 결과를 PHABSIM의 입력자료로 활용하여 수목과 유량에 따른 피라미의 서식처 변화를 파악하고자 하였다. 평균 댐운영 방류량과 2년빈도 방류량인 2가지 유량 조건과 4가지 수목 조건(2021년 수목현황, 밀도를 0으로 조정한 전체 벌채, 밀도를 0.5배로 감소한 경우, 밀도를 2배 증가하는 경우)을 이용한 8개의 시나리오에 대하여 Nays2D모의를 수행하여 하상변동 결과를 도출하였다. 그리고 하상변동 결과인 단면의 표고, 수심, 유속 정보를 PHABSIM의 입력자료로 활용하여 시나리오 별 가중가용면적을 산정하였다. 그 결과 평균 댐 방류량과 전체 벌채 상황에서 가중가용면적이 최대 127,252 m^2/1,000 m로 가장 높게 나타났으며, 2년 빈

도 댐 방류량에서도 전체벌채가 21 m^3/s유량에서 최대 107,047 $m^2/1,000m$로 가장 높게 나타났다. 이는 전체벌채의 경우 사주가 고착화되지 않고 퇴적과 세굴이 발생하여 주수로와 고수부의 표고차가 줄어들면서 적정 수심과 유속을 만족하는 수면적이 다른 수목밀도 조건일 때보다 상대적으로 많기 때문인 것으로 추정된다. 즉 수목이 없는 경우에 하상 변동이 더 현저하게 발생하게 되고, 그에 따라 피라미 서식 환경에도 긍정적인 영향을 있음을 추정할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 수생태계 건강성 확보 기술개발사업 (2020003050002)과 가뭄대응관리 혁신기술개발사업 (2022003610004)의 지원을 받아 연구되었습니다.

References

Choi, B.W., Jang, J.Y., and Choi, S.U. 2021. Investigation of the change in physical habitat in the Geum-gang River by modifying dam operations to natural flow regime. Journal of the Korea Water Resources Association 54(11): 985-998. (in Korean)

Hur, J.W. and Kim, J.K. 2009. Assessment of Riverine Health Condition and Estimation of Optimal Ecological Flowrate Considering Fish Habitat in downstream of Yongdam Dam. Journal of the Korea Water Resources Association 42(6): 481-491. (in Korean)

Hwang, H., Jang, C.L., and Kang, M.S. 2022. Numerical analysis of deposition and channel change in the vegetation zone. Journal of the Korea Water Resources Association 56(1): 23-34. (in Korean)

Jang, C.L., Baek, T.H., Kang, T.U., and Ock, G.Y. 2021. Numerical analysis of morphological changes by opening gates of Sejong Weir. Journal of the Korea Water Resources Association 54(8): 629-641. (in Korean)

Johnson, W.C. 1994. Woodland expansion in the Platte River, Nebraska: Patterns and causes. Ecological Monographs 64(1): 45-84.

Kang, H.S. 2010. Development of Physical Fish Habitat Suitability Index.

Kim, D.H., Kim, W., Kim, E.S., Ock, G.Y., Jang, C.L., Choi, M.K., and Cho, K.H. 2020. Applications and Perspectives of Fluvial Biogeomorphology in the Stream Management of South Korea. Ecology and Resilient Infrastructure 7(1): 1-14. (in Korean)

Kim, H.S., Park, M.H., and Woo, H.S. 2014. Numerical Experiments of Vegetation Growth Effects on Bed Change Patterns. Ecology and Resilient Infrastructure 1(2): 68-81. (in Korean)

K-water. 2018. A Research on Estimation and Securing of Environmental Flow.

K-water. 2022. An analysis of basic river surveys and river management of the dam downstream.

Lee, S.J., Kim, S.K., and Choi, S.U. 2014. Physical Habitat Simulation Considering Stream Morphology Change due to Flood. Journal of the Korean Society of Civil Engineers 34(3): 805-812. (in Korean)

MOLIT (Ministry of Land, Infrastructure and Transport). 2007. Standards for tree planting and management in river.

Park, J.S., Jang, S.J., and Song, I.H. 2020. Estimation of an Optimum Ecological Stream Flow in the Banbyeon Stream Using PHABSIM - Focused on Zacco platypus and Squalidus chankaensis tsuchigae. Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers 62(6): 51-62. (in Korean)

Shin, Y., Kang, T. Jang, C., and Kim, S. 2022. Numerical analysis on flow depending on changes in vegetation density in meandering channel. Proceedings of the 2022 KWRA, Busan.

Tabacchi, E. and Tabacchi, A.M. 1996. Landscape structure and diversity in riparian plant communities: a longitudinal comparative study. Regulated River:Research & Management 12: 367-390.

USDA, 1998. Stream Corridor Restoration Principles, Processes, and Practices.

Woo, H.S. and Park, M.H. 2016. Cause-based Categorization of the Riparian Vegetative Recruitment and Corresponding Research Direction. Ecology and Resilient Infrastructure 3(3): 207-211. (in Korean)

Woo, H.S., Cho, K.H., Jang, C.L., and Lee, C.J. 2019. Fluvial Processes and Vegetation - Research Trends and Implications. Ecology and Resilient Infrastructure 6(2) : 89-100. (in Korean)