

퍼지기법을 이용한 달천유역 군집종 물리서식처 모의

Physical Habitat simulation of Fish Community
Using Fuzzy Method in Dalcheon Stream

정상화* · 최성욱** · 강형식***

Jung, Sang Hwa · Choi, Sung-Uk · Kang, Hyeong Sik

1. 서 론

최근 생태하천 조성사업 및 하천복원사업이 활발하게 진행되면서 수생생태계에 미치는 악영향을 최소화하기 위해 하천구조물 설계단계에서 물리서식처 평가를 통한 하천계획이 수립되고 있다. 이러한 물리서식처 평가는 대상 하천의 목표종 또는 우점종에 대한 물리서식처 모의를 기반으로 이루어졌다. 그러나 하천 내 수생생태계는 여러 어종이 각각의 개체 특성에 맞게 서식하고 있어 목표종 또는 우점종에 대한 단일종의 물리서식처 모의는 실제 수생생태계의 상황을 반영하기에 미흡한 부분이 발생한다. 특히 우점종과 아우점종의 개체수가 비슷하고 선호하는 물리서식 조건이 상이할 경우 단일종에 대한 물리서식처 평가는 특정종에 대한 물리서식환경을 개선하지만 전체적인 하천 환경에서는 오히려 악화될 수 있는 가능성이 있다. 따라서 본 연구에서는 군집종에 대한 물리서식처 평가를 수행하고 우점종을 대상으로한 단일종의 평가 결과와 비교하였다.

2. 물리서식처 모의

연구대상지는 달천유역 괴산댐 하류구간이며 국토해양부(2011)에서 제공하는 어류 모니터링 자료를 활용하였다. 군집종에 대한 물리서식처를 모의하기 위한 방법으로 퍼지기법을 이용한 CASiMiR 모형을 사용하였다. CASiMiR 모형을 적용하기 위해서 어류 모니터링 자료를 바탕으로 표 1과 표 2에 나타난 바와 같이 퍼지규칙과 멤버십함수를 구성하였다.

2.1 복합 가중가용면적(Combined Weighted Usable Area)

가중가용면적(Weighted Usable Area)은 수리모의 결과값과 어종별로 산정된 서식처 적합도 지수를 곱셈법, 기하평균법, 최소치법, 가중치법 등을 통해 복합 서식처 적합도 지수(combined habitat suitability)를 산정한 후 각 셀의 면적에 대한 복합 서식처 적합도 지수를 곱하여 물리서식처의 정량적 결과를 나타낸다(Bovee, 1982).

$$WUA = \sum_{i=1}^n A_i \times SI_i = f(Q) \quad (1)$$

여기서 SI_i 는 i 번째 셀의 서식처 적합도 지수 값, A_i 는 분할된 i 번째의 셀의 면적, Q 는 유량이다.

정규화(Normalization)는 특정종의 물리서식처 모의 결과에 잡음이나 왜곡에 의해 변형되는 것을 바로잡는 방법으로 0과 1사이의 값을 가지며 본 연구에서는 어종별로 산정된 가중가용면적의 최대값을 통해 정규

* 정희원 · 한국건설기술연구원 수석연구원 · 공학박사수료 · E-mail: kikirorah@kict.re.kr - 발표자

** 정희원 · 연세대학교 공과대학 토목환경공학과 교수 · 공학박사 E-mail: schoi@yonsei.ac.kr

*** 정희원 · 한국환경정책평가연구원 부연구위원 · 공학박사 · E-mail: hskang@kei.re.kr

화한 후 백분율로 나타내었다. 정규화는 다음 식 (2)와 같이 계산된다.

$$y_i = \frac{x_i}{x_{\max}} \tag{2}$$

여기서, y_i 는 정규화된 가중가용면적, x_i 는 유량별 가중가용면적, x_{\max} 는 변수의 최대값이다.

CWUA (Combined Weighted Usable Area)는 군집종을 고려한 가중가용면적으로 다음 식 (3)과 같이 계산된다.

$$CWUA = \sum_{Q=0}^n WUA_i \times w_i \tag{3}$$

여기서, $CWUA$ 는 군집종 가중가용면적, WUA_i 는 단일종 가중가용면적, w_i 는 개체수에 따른 가중치, Q 는 유량을 나타낸다.

표 1. 어종별 수립된 퍼지규칙

Water depth	Substrate	Velocity	HABITAT SUITABILITY INDEX				
			피라미	쉬리	참갈겨니	줄납자루	돌고기
H	H	H	H	H	VH	VH	VH
H	H	M	H	H	H	VH	VH
H	H	L	M	M	H	H	H
H	M	H	H	H	H	H	H
H	M	M	M	M	M	H	H
H	M	L	M	M	M	M	H
H	L	H	M	H	M	M	M
H	L	M	M	M	M	M	M
H	L	L	M	M	L	M	M
M	H	H	H	M	H	H	H
M	H	M	M	M	H	H	H
M	H	L	M	M	H	M	H
M	M	H	M	M	M	M	M
M	M	M	M	M	M	M	M
M	M	L	M	M	M	M	M
M	L	H	M	M	L	L	L
M	L	M	M	M	L	L	L
M	L	L	L	M	L	L	L
L	H	H	M	M	H	M	M
L	H	M	M	L	M	M	M
L	H	L	M	L	M	M	M
L	M	H	M	M	M	L	L
L	M	M	M	L	M	L	L
L	M	L	L	L	L	L	L
L	L	H	M	M	L	L	L
L	L	M	L	M	L	VL	VL
L	L	L	L	L	VL	VL	VL

표 2. 어종에 따른 멤버십 함수

Species	Membership Function		
	Water depth	Substrate	Velocity
피라미			
쉬리			
참갈겨니			
줄납자루			
돌고기			

3. 결과

그림 1은 어종별 유량에 따른 가중가용면적을 나타내었다. 그림을 살펴보면 피라미와 참갈겨니는 유사한 변화양상을 나타내고 있으며 최대 가중가용면적이 10 m³/s 이내에서 결정되었으나 이외의 어종은 최대 가중가용면적이 상대적으로 높은 유량에서 형성되었다. 특히 쉬리의 경우 유량 증가에 따른 가중가용면적의 증가율이 가장 작았으며 10 m³/s 이상의 고유량에서는 거의 비슷한 가중가용면적을 보여 다른 어종과는 뚜렷한 차이가 나타났다. 따라서 쉬리의 경우 다른 어종에 비해 군집종에 대한 물리서식처 모의를 통한 최적 가중가용면적을 산정할 경우 가장 영향을 적게 받을 확률이 높다는 것을 알 수 있다. 피라미를 대상으로 최대 가중가용면적은 유량이 10 m³/s 에서 형성되는 것을 알 수 있다. 그러나 군집종에 대한 최대 가중가용면적은 17.13 m³/s에서 나타나는 것을 확인하였다(그림 2 참조).

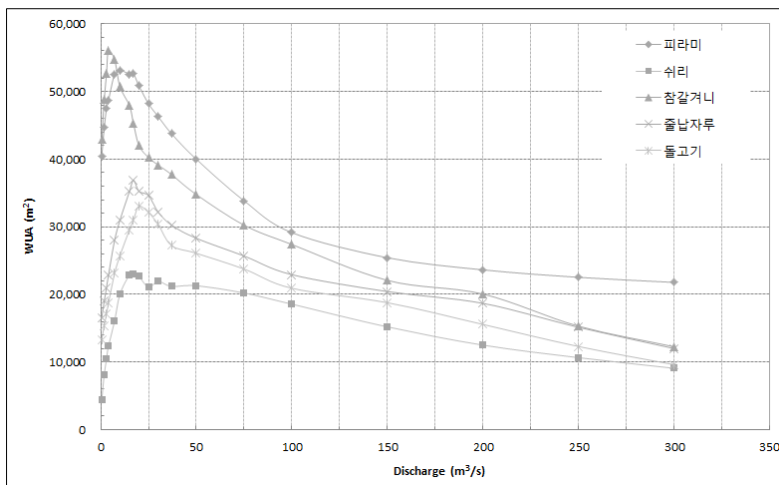


그림 1. 어종별 유량에 따른 가중가용면적

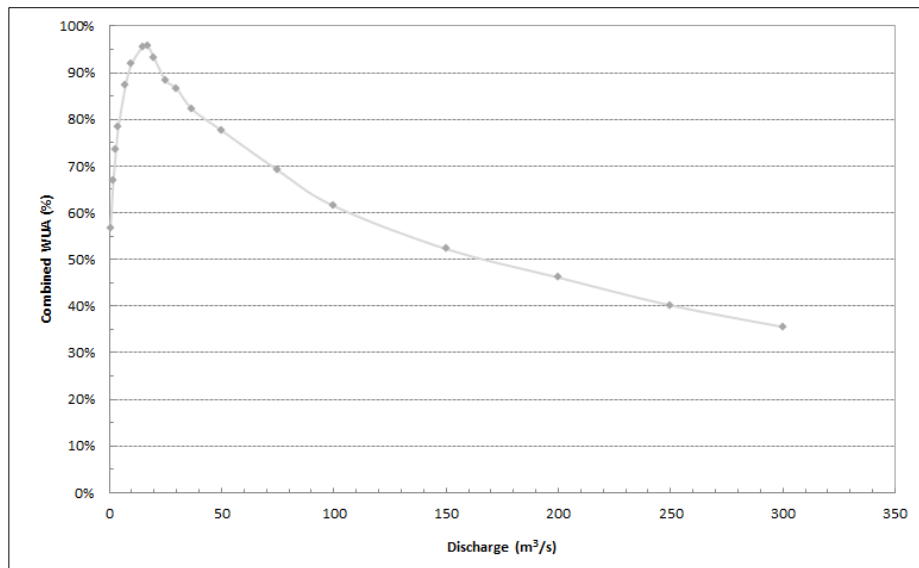


그림 2. 복합 가중가용면적

4. 결 론

본 연구에서는 군집종을 고려한 물리서식처 평가를 위하여 대상하천에서 개체수가 많은 5개 어종을 선정하고 피지기법을 이용한 서식처 평가를 수행하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 피라미와 참갈겨니는 유량 증가에 따라 유사한 가중가용면적의 변화패턴을 보였으며 쉬리, 줄납자루, 돌고기는 10 m³/s 이상의 유량에서 최대 가중가용면적을 나타내었다. 쉬리의 경우 유량 증가에 따른 가중가용면적의 증가량이 최소였으며 변화폭도 가장 작은 것을 알 수 있었다.
2. 우점종인 피라미를 대상으로 단일종 물리서식처 평가와 군집종 평가를 비교한 결과 최대 가중가용면적을 나타내는 유량이 군집종에서 약 71.3% 정도 증가하였다.
3. 따라서 보다 실제적인 하천의 물리서식처 평가를 위해서는 단일종에 대한 평가와 함께 군집종에 대한 서식처 평가를 통해 최적의 물리서식처 형성을 위한 생태유량 산정 연구가 필요한 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 건설기술혁신사업인 “하천에서 유사이동 및 하상변동 예측을 위한 3차원 수치모형의 개발(11기술혁신C04)”의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 국토해양부 (2011) **생물 서식환경 조성기술 개발 연구 보고서**. 자연과 함께하는 하천복원기술개발 연구단.
2. Bovee, K.D. (1982) *A guide to stream habitat analysis using the instream flow incremental methodology*. Instream Flow Information Paper No. 12, U.S. Fish and Wildlife Service, Office of Biological Services, FWS/OBS-82/26, Fort Collins, Colorado, U.S.A.