

## CASiMiR 모형을 이용한 달천의 물리서식처 모의

## Physical Habitat Simulation of Dalcheon stream using CASiMiR Model

장지연\* · 정상화\*\* · 임동균\*\*\* · 최성욱\*\*\*\*

Jang, Jiyeon · Cheong, Sanghwa · Im, Dongkyun · Choi, Sung-Uk

## 1. 서론

오늘날 하천은 사회가 발전함에 따라 많은 인위적인 변화가 발생하였다. 이는 하천을 이·치수 목적으로 관리하였기 때문이며 최근에는 하천환경에 대한 관심의 증대로 다양한 하천복원 및 서식 환경 조성사업이 활발하게 진행되고 있다. 이러한 서식 환경 조성을 진행함에 있어 하천 내 유사이송, 영양물질, 서식처 등 다양한 인자를 고려하여 생물 서식처를 적절하게 조성해야하며 이를 위해 최적 생태유량을 산정하는 것이 중요한 사항이다. 이러한 하천 생태유량 산정 방법으로 서식처 해석법이 가장 널리 사용되며 서식처 해석법은 대상 생물에 대한 서식처 적합도지수와 수리 해석 결과를 결합하여 대상 하천이 제공할 수 있는 물리서식처의 크기를 산정하는 방법이다. 현재 서식처 모델링은 대부분 유지유량증분법을 활용한 물리서식처 모의기법을 적용하고 있으며 본 모형을 적용하기 위해서 필요한 기초 자료 중 하나가 대상 생물별 서식처적합도 지수이다. 서식처적합도 지수 산정방법으로 전문가 판단법, 로지스틱 회귀법 등 다양한 통계적 방법이 적용되고 있으나 전문가 판단법을 기반으로 한 지수 산정방법이 주로 적용되고 있다. 그러나 전문가 판단법은 주관적인 요소가 포함되고 경험에 따라 결과가 상이한 문제점을 가지고 있으며 서식처 영향에 대한 애매모호한 요소를 객관적으로 반영하지 못하는 문제가 나타난다.

본 연구에서는 퍼지기법을 이용하여 서식처 적합도 지수를 산정하고 달천 피산담 하류에서 갈수량에 대한 피라미를 대상으로 물리서식처 모의를 수행하였다. 또한 전문가 판단법을 활용하고 있는 2차원 수리 및 물리서식처 모의해석 프로그램인 River2D 모형과의 결과를 비교, 분석하였다. 이를 통해 서식처 적합도 지수 산정을 위한 퍼지기법의 적용성을 검토하였다.

## 2. 물리서식처 모의

## 2.1 퍼지기법

퍼지기법은 자연현상을 분석할 때 발생하는 인간의 언어나 판단 등과 관련된 모호함을 수학적으로 해석하기 위해 Zadeh에 의해 개발된 이론이다(Jang 등, 1997). 퍼지기법은 각 대상이 어떤 집합에 소속 또는 소속하지 않는다는 기존의 이분법적 집합논리를 각 대상이 어떠한 집합에 소속하는 정도를 소속 함수(membership function)로 나타낼 수 있다. 이러한 퍼지기법은 수학적으로 정량화시키기 어려운 서식처의 규모나 질을 수치적으로 예측 가능 하게하며, 각 인자의 상호작용을 고려할 수 있고 추가적으로 고려되어야 하는 인자에 대해서도 상대적으로 쉽게 추가할 수 있다. 또한 퍼지기법은 전문가 판단에 의해 정해진 소속 함수를 쉽게 접근할 수 있고, 다변량법 접근을 할 수 있다는 장점이 있다(Schneider 등, 2010). Stuttgart대학의 Schneider는 퍼지기법을 이용한 서식처 평가를 위해 CASiMiR 모형을 개발하였다. CASiMiR 모형은 하도 저면(저서생물 또는 저서어류), 수생역(어류) 그리고 수변역과 같은 주요 3가지 서식처 유형을 포함하고 있

\* 연세대학교 대학원 토목환경공학과 석사과정 · E-mail: jiyeeon83@yonsei.ac.kr

\*\* 정회원 · 한국건설기술연구원 수석연구원 · 공학박사수료 · E-mail: kikumorah@kict.re.kr

\*\*\* 정회원 · 삼성물산(주) 건설부문 과장 · 공학박사수료 · E-mail: dongkyuns.im@samsung.com

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

며, 수력발전 계획 및 운영에 따른 영향을 평가하기 위해 개발되었다.

각 인자는 확정론적 경계를 가지는 기존의 방법론과 다르게 퍼지집합(fuzzy set)으로 구성되었다. 퍼지집합은 각 인자들의 소속정도를 표현하여주는 소속 함수로 구성된다. 그림 1은 유속과 수심에 대한 소속 함수를 나타낸 그림이다.

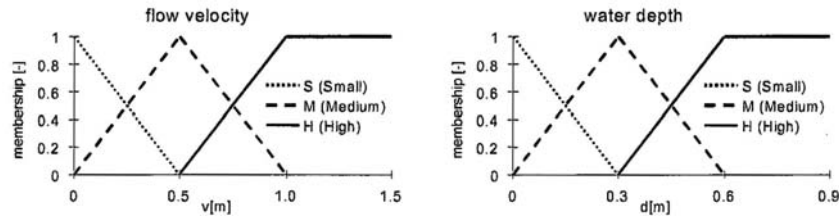


그림 1. 유속과 수심의 퍼지집합 예 (Schneider, 2001)

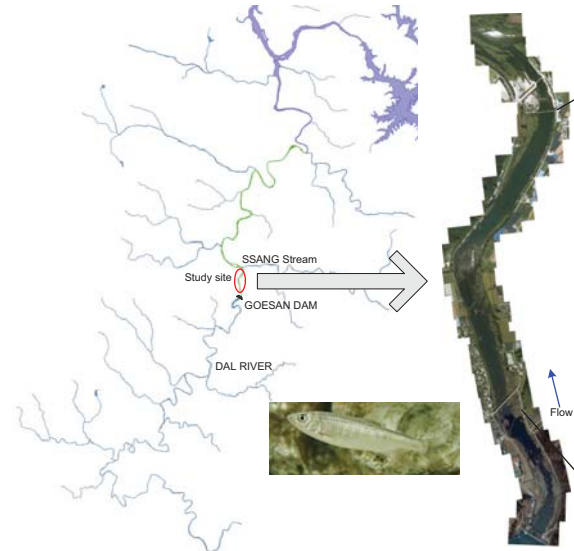
### 2.2 연구대상지

본 연구에서 모의하는 구간은 그림 2와 같이 달천 피산댐 하류의 수전교에서 대수보까지 약 2.5 km 이다. 피산댐의 유역면적은 675.2 km<sup>2</sup>이고, 대상구간의 갈수량은 1.82 m<sup>3</sup>/s 이다. 대상구간의 하상재료는 주로 자갈과 호박돌이고, 하상경사는 1/650 정도로서 일반적인 자갈하천의 양상을 나타내고 있다. 대상구간에는 만곡부가 존재하며, 만곡부 상하류에 여울과 소가 존재하는 형태적 특성을 보인다. 지형자료는 흐름방향으로 50 m 간격으로 이루어진 44개의 횡방향 자료가 활용되었다(과학기술부, 2007).

### 2.3 대상어류

일반적으로 서식처 모의를 위한 대상어종의 선정은 사회적 관심이 높고 인지도가 높은 우점종(dominant species)을 선택하거나 멸종의 위험성이 높아 사회적 관심도가 높은 희귀종 또는 먹이사슬에 있어 위상이 높은 어종을 선택하는 것이 일반적이다(김형렬, 1997).

본 연구에서는 어류 서식처 모의를 하기 위하여 대상종을 우점종인 피라미로 선택하였다. 피라미를 선택한 이유는 대상구간에 우점 할 뿐만 아니라, 국내하천의 피라미에 대해 적용한 사례가 많기 때문에 추후 물리서식처에 대한 연구에 있어서 활용도가 높을 것으로 판단되기 때문이다.



(a) 유역도 (b) 항공사진

그림 2. 대상하천의 개요

### 3. 결과 분석

CASiMiR 모형은 수리계산을 수행하지 않으므로 다른 수리해석 모형을 이용하여 수리조건을 CASiMiR 모형 입력자료로 활용해야 한다. 본 연구에서는 2차원 수리 및 물리서식처 모형인 River2D를 이용하여 갈수량 1.82 m<sup>3</sup>/s에 대한 수심을 산정한 후 본 모형에 적용하였다. 또한 서식처 분석에 있어 River2D의 결과와 비교, 분석하였다. 그림 3의 하상재료 분포는 김지성 등(2007)이 제시한 12지점의 자료를 정리한 것이며, 전체적으로 자갈하천의 하상재료로 구성되어 있다. 그림을 살펴보면 대상하천의 만곡부를 제외한 상류부와 하

류부는 자갈(6~60 mm)로 구성되어 있고, 만곡부는 호박돌(60~120 mm)로 구성되어 있다. 그림 4는 대상하천의 수심분포를 나타낸 것이다. 상류부는 대체적으로 수심이 높고, 만곡부를 지나 하류로 이어지는 구간은 수심이 낮게 분포한다. 그림 5는 유속분포를 나타낸 것이다. 갈수량에 대해서 모의를 하였기 때문에 전체적으로 유속은 큰 차이를 보이지 않으나, 만곡부와 하류부에서 약간의 유속이 증가하는 것을 확인할 수 있다.

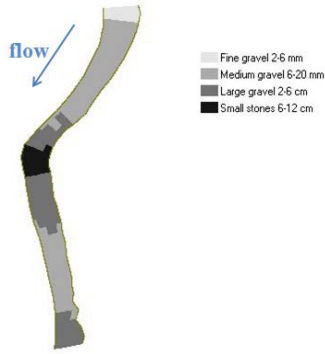


그림 3. 하상재료 구성

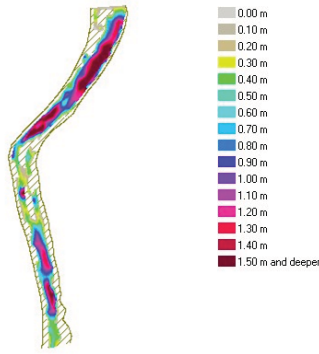


그림 4. 수심 분포

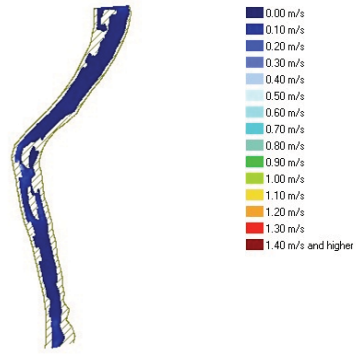
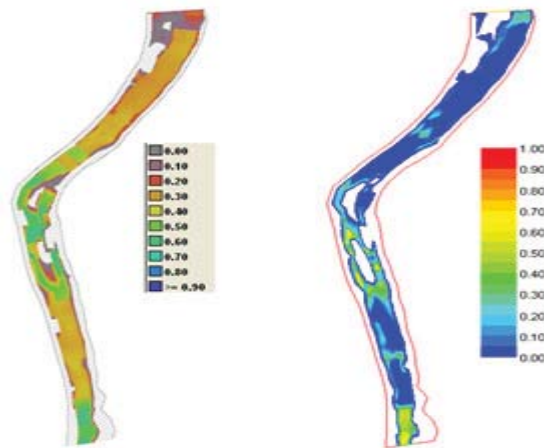


그림 5. 유속 분포

그림 6은 CASiMiR 모형과 River2D 모형을 이용하여 피라미에 대한 서식처 분석을 통해 도출된 복합 서식처 적합도에 대한 결과이다. CASiMiR 모형에서는 상류구간이 0에 가까운 적합도 지수를 나타내는 일부 구간을 제외하고, 만곡부까지 약 0.4의 정도의 지수를 나타내고 있으며, 만곡부의 일부지역에서 최대 0.6이 산정되었다. 또한 짧은 구간이지만 하류부에서 높은 적합도 지수가 나타난 것을 확인할 수 있다. 그림 6 (b)에 도시된 것과 같이 River2D 모형의 결과도 마찬가지로 만곡부와 하류구간에서 적합도 분포의 크기는 다르지만 0.5~0.6의 적합도를 나타냈으며, 다른 구간에서는 적합도가 0~0.3범위에 존재한다는 것을 확인할 수 있었다.



(a) CASiMiR (b) River2D  
그림 6. 피라미 서식처 분석

#### 4. 결론

본 연구에서 퍼지논리를 기반으로 한 CASiMiR 모형을 이용하여 달천에서 갈수량 1.82 m<sup>3</sup>/s에 대한 물

리서식처 모의를 수행하였다. 이를 위해 성어기 피라미를 대상으로 규칙함수를 만들어 적용하였으며, 수리 및 물리서식처 모의 프로그램인 River2D 모형을 이용하여 결과를 비교, 분석하였다. CASiMiR 모형을 이용하여 대상 구간의 서식처 분석을 수행한 결과 피라미는 수심이 깊고 유속이 거의 없는 구간에 비해 수심이 약 0.4 m~0.8 m 이고, 낮은 유속 구간에 서식처 형성이 적합하다고 판단된다. 비록 서식처 분포의 크기는 다르지만 만곡부에서 약 0.7정도로 비슷한 적합도를 나타낸다고 판단된다. 두 모형의 비교, 분석에 있어 전체 구간의 서식처 분포의 양상은 비슷하나 일부구간에서 CASiMiR 모형의 복합 서식처 적합도가 River2D 모형보다 과대 산정하는 결과를 확인할 수 있었다. 이는 서식처 적합도 지수 산정을 위한 퍼지기법의 소속 함수와 규칙에 대한 추가적인 고찰이 필요한 것으로 판단된다. 향후 다양한 유량 적용을 통해 산정된 서식처 적합도를 바탕으로 최적 생태유량을 산정할 필요가 있다.

### 감사의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 건설기술혁신사업 (08기술혁신F01)에 의한 차세대홍수방어기술개발연구단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

### 참고문헌

1. 김지성, 이찬주, 김원(2007). 실측 수위에 의한 자갈하천의 조도계수 산정, **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제 40권 제 10호, pp. 755-768.
2. 과학기술부(2007). **지표수 조사 시스템 적용**, 21세기 프론티어 연구개발 사업-수자원의 지속적 확보기술개발 사업 연구보고서
3. 김형렬(1997), **流量増分式生息域評價法の改善に関する研究と乙川への適用**, 東京大學大学院 土木工學科 博士學位論文, 東京, 日本.
4. Bovee, K.D. and Milhous, R.T. (1978). *Hydraulic simulation in instream flow studies: theory and technique*. U.S. Fish and Wildlife Service Biological Services Program FWS/OBS-78/33.
5. Jang, J.R., Sun, C.T. and Mizutani, E. (1997). *Nero-fuzzy and soft computing: a computational approach to learning and machine intelligence*. Prentice hall, Upper saddle river, NJ.
6. Schneider, M. (2001). *Habitat und Abflussmodellierung für Fließgewässer mit unscharfen Berechnungsansätzen: Weiterentwicklung des Simulationsmodells CASIMIR*, PhD. Thesis, Mitteilungen des Instituts für Wasserbau, Heft 108, Universität Stuttgart, Stuttgart. (in German).
7. Schneider, M., Noack, M., Gebler, T. and Kopecki, L. (2010). *Handbook for the Habitat Simulation Model CASiMiR*. Schneider & Jorde Ecological Engineering GmbH and University of Stuttgart Institute of Hydraulic Engineering.