MD-SWMS를 이용한 멸종위기 어종(퉁사리)의 서식환경 특성 분석

Analysis of habitat environment characteristics for Endangered Fish (Liobagrus Obesus) using MD-SWMS

박성천*, 진영훈**, 노경범***, 이용희****

Sung-Chun Park, Young-Hoon Jin, Kyong-Bum Roh, Yong-Hee Lee

요 지

국내 주요하천은 지속적인 산업화와 난개발로 인해 생태계파괴 및 수변생물의 서식처 환경 악화로 하천 생태계에 많은 악영향을 받고 있다. 그러나 1990년대 이후 국내에서는 하천의 기능과 생물의 다양성, 하천환경 및 생태학적인 가치와 중요성에 대한 인식이 매우 커짐에 따라 하천의 생태적 기능을 매우 중요시 하고 있으며, 하천의 난개발로 인한 피해를 복원하기 위해 활발한 연구가 진행되고 있다. 대표적인 연구로 생태계 건전화 개념을 도입하여 담수성 어류 서식처 제공 및 이동에 필요한 유량을 산정한 한국 수자원공사(1995)의 연구가 있으며, 김규호 등(1996a, 1996b)은 물고기 서식처 환경 중 특히 수심과 유속 등 수리조건을 유지하기 위한 최소유량 산정 방법을 제시하였다. 또한 노경범(2011)은 섬진강의 하천환경 회복을 위한 연구대상 구간에서의 대표어종을 선정하여 서식처 특성 파악을 위해 하천 특성을 연구하였다. 이와 같이 현재 국내에서도 하천의 기능과 생태학적 기능을 위한 노력과 연구가 진행되고 있다. 그러나 생태학적 서식처 연구에서는 아직까진 미진한 부분이 많이 있다. 그 예로 보호종이나 멸종위기어종과 같은 생물의 서식처 확보를 위한 연구가 아직까지는 많은 노력과 연구가 필요한 상태이다.

본 연구에서는 환경부에서 지정한 멸종위기 1급 어종인 퉁사리를 대상으로 서식환경 특성 연구를 진행하였으며, 퉁사리의 생태학적 서식특성과 현재 지석천 상류 유역에서 관찰되고 있는 서식구간을 중심으로 MD-SWMS (Multi-Dimensional, Surface Water Modeling System) 모형을 이용하여 수리특성 분석을 수행하였다. 이를 위해 하상재료 입도분석을 실시하였으며, 그 결과 입도가 큰 굵은모래 및 잔자갈, 굵은자갈로 구성되어 있음을 알 수 있었다. 또한, 수리학적 특성분석결과 서식구간 내에서는 비교적 빠른 유속이 나타났다. 이러한 퉁사리의 서식환경의 특성 분석으로 서식구간 내 입도가 큰 하상재료로 구성되어 있으며, 퇴적구간이 생성되지 않을 정도의 유사이송량과 유속이 필요할 것으로 분석되었다. 향후 퉁사리의 장기적인 서식환경 조성과 보존을 위해 대상구간의 유사이송의 연구와 실측 및 수변환경 모니터링을 통한 다양한 연구가 진행되어야 할 것 으로 판단된다.

핵심용어 : 멸종위기어종, 퉁사리, MD-SWMS, 유사이송량

* 정회원・동신대학교 토목공학과 교수・E-mail : psc@dsu.ac.kr
** 정회원・동신대학교 토목공학과 겸임교수・E-mail : nmdrjin@gmail.com
*** 정회원・목포대학교 창업지원단 센터장・E-mail : kbyj3711@naver.com
**** 정회원・동신대학교 토목공학과 박사과정・E-mail : md49i@nate.com

1. 서론

과거 우리나라 하천의 난개발로 하천의 생태계파괴 및 수변생물의 서식처 환경 악화로 생태계 환경과 다양한 생물종의 멸종 또는 멸종위기라는 상황이 여러 생물개체군에서 나타나고 있다. 근래에 들어와서 환경생태학적 이론과 생물의 다양성확보 및 복원기능을 도입하여 하천 복원에 힘쓰고 있으며, 다양한 연구결과를 토대로 생태학적 하천복원 방법과 하천의 이·치수기능을 활용할 수 있는 성과가 나타나고 있다.

본 연구에서는 환경부에서 지정한 멸종위기 1급 어종인 퉁사리를 대상으로 서식환경 특성 연구를 진행하였으며, 퉁사리의 생태학적 서식특성과 현재 지석천 상류 유역에서 관찰되고 있는 서식구간을 중심으로 MD-SWMS (Multi-Dimensional, Surface Water Modeling System) 모형을 이용하여 수리특성 분석을 수행하였다.

2. 연구대상구간 및 특성

본 연구의 대상 하천 구간은 전남 화순군 한천면 부곡리에 위치한 지석천 상류부의 퉁사리 서식처 구간인 NO.116 ~ NO.119구간을 대상으로 하였다. 대표구간의 하폭은 약 180m이며, 주수로의 하폭은 약 15m ~ 25m의 하폭을 갖는다. 연구대상 구간의 하상재료는 입도가 굵은 모래 및 잔자갈, 굵은자갈로 구성되어 있으며 여울이 발달되고 수변식생이 분포되어 있어 퉁사리 서식처 연구에 대표적인 구간으로 판단된다. 대상구간 하상재료 분석 결과를 적용하였으며, 2009년 영산강 상류 하천정비기본계획 보안 및 하천대장 작성용역 중 하상물질 채취 및 시험부분의 값을 이용하였으며, 그 결과는 표 1과 같다.

연구대상 어종으로 선정한 환경부 지정 멸정위기 1급 어종인 퉁사리의 서식환경 조사 결과 하천 중·상류의 여울과 소가 여울과 소가 발달되어 있는 수역에서 주로 여울부를 주요 서식처로 하며, 서식하는 여울부의 수심은 30~150cm 내외이며, 유속은 0.2~0.7 m/s로 조사되었다. 하상구조는 50mm 이상의 돌이 넓게 깔려있는 곳에 서식하며, 주로 성어는 큰 돌 밑을 선호하며 치어는 보다 작은 돌 밑에 서식한다. 산란은 큰 자갈 밑에 하며, 주로 밤에 활동하며 수서곤충을 먹이로 삼고 있으므로 퉁사리가 서식하는 수역은 먹이생물인 수서곤충이 풍부하여야한다.

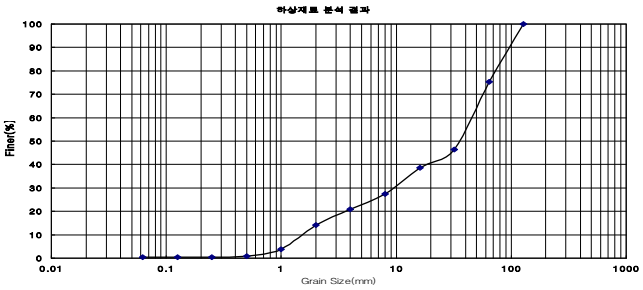

그림 1. 하상재료 분석 결과

그림 1. 대상어종(퉁사리)

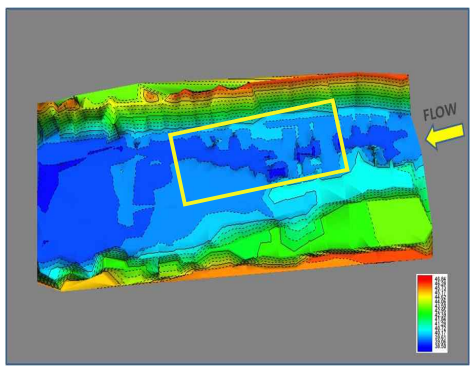

그림 2. 대상어종 및 대상구간

3. MD-SWMS모형 소개 및 이론

MD-SWMS(Multi-Dimensional, Surface Water Modeling System) 모형운 미국 USGS에서 개발되었으며, 천수방정식인 2차원 수심적분방정식을 적용하여 수치모형을 포함한 흐름과 물질거동을 해석한다. 하천, 호수, 연안, 해안의 흐름 현상에 대하여 주로 사용되며, 모형내에 SToRM모형을 통하여 비정상흐름과 Wet-Dry현상의 해석이 가능하다는 장점을 가지고 있다.

연직방향 적분 2차원 모형은 하천의 수로를 따라 수심 적분된 유속과 수리학적 변수들의 횡방향 변위를 재현하기 위한 모형이다. 횡방향 적분 2차원 모형은 하천수로를 따라 횡방향으로 적분된 유속과 수리학적 변수들의 연직방향을 따르는 변위를 재현하기 위한 모형이며, 고정격자에 직각한 흐름이 없다고 가정할 때 연속방정식과 자유수면 상태방정식으로부터 다음 식과 같이 연직방향 적분된 2차원 연속방정식을 구할 수 있다.

$$\frac{\alpha D}{t} + \frac{\alpha(DU)}{\alpha x} + \frac{\alpha(DV)}{\alpha x} = 0 \qquad (1)$$

여기서 D : 수심, t : 시간, x,y : 직교좌표계,
U : 수심 적분된 종방향 유속, V : 수심적분된 횡방향 유속

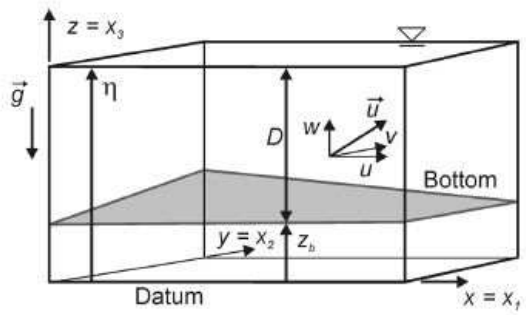

그림 3 Sketch showing the coordinate system used and the definition of some of the variables. Note that $u=u_1$, $v=u_2$, and $w=u_3$

또한, MD-SWMS모형은 유한체적법을 사용하는 모형이다. 유한체적법은 보존법칙을 사용하는 방법으로써 지배방정식의 적분 형태를 사용하는 수치기법이며, 명확한 개수의 유한체적으로 세분화되어 검사체적 경계조건을 통과하는 진동을 해석 가능한 정도로 세분화 한다. 독립변수가 계산되는 격자점을 결정하기 위한 검사체적의 형상과 위치를 결정하는 주요형태가 있는데 하나는 격자점 중심기법과 요소 중심기법이다. 격자점 중심기법은 검사체적의 중심에 계산격자점에 위치하는 방법으로 검사체적은 동일한 격자요소를 만드는 역할을 하며, 요소 중심기법에서 검사체적은 인접한 격자점의 연결에 구성된다.

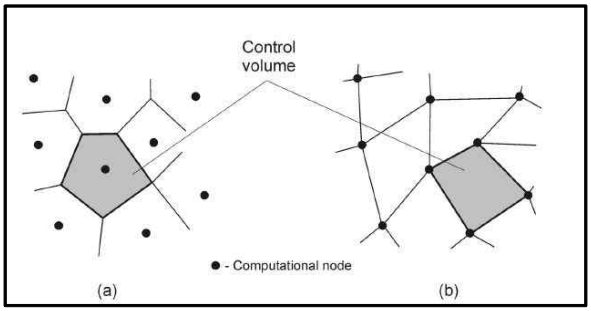

그림 4. Representation of the control volumes formed by node-centered (a) and cell-centered (b) formulations used in finite volume discretizations

유한체적법은 공간적인 분할을 수행하는 것으로써 격자시스템과 물리적 체계의 변환과정 없이 물리적 공간을 직접적으로 분할이 가능하다. 이건승 매우 유연성이 있는 방법이며, 정형격자는 비정형격자체계 모두를 사용해서 시스템을 구성할 수 있다는 장점이 있다. 또한 지배방정식에 포함된 물리적 보존법칙 즉 질량보존, 운동량보존, 에너지보존이 직접적으로 수치기법에 적용되고 수치모의에서 자동적으로 이루어진다. ※ 자료 :(한국환경정책·평가연구원,2009)

4.모형적용 및 결과

본 연구에서는 환경부에서 지정한 멸종위기 1급 어종인 퉁사리를 대상으로 서식환경 특성 연구를 진행하였으며, 퉁사리의 생태학적 서식특성과 현재 지석천 상류 유역에서 관찰되고 있는 서식구간을 중심으로 MD-SWMS (Multi-Dimensional, Surface Water Modeling System) 모형을 이용하여 수리특성 분석을 수행하였다. 수리특성 분석을 위해 지석천 단면자료와 1966년부터 2007년까지의 지석천 유황분석 자료를 수집하여 풍수량과 평수량을 이용ㅎ하여 경계조건 입력자료로 사용하였다.

표 2. 유황분석 결과

풍수량 (m^3/sec)	평수량 (m^3/sec)
10.42	4.02

대상어종의 서식처인 지석천 상류구간에서 풍수량과 평수량를 이용하여 서식구간에 대한 수리분석을 모의한 결과 그림 4에 표시된 서식처구간에서 대상구간 상·하류의 구간보다 수심, 유속, 수면수위의 값이 가장 크게 나타났다. 풍수량 10.42 m^3/s 적용시 대상구간내 유속범위는 0.061 m/s~0.916 m/s의 범위를 나타냈으며, 퉁사리의 개체수가 가장 많이 확인되었던 구간에서 가장 큰 유속범위가 나타났다.

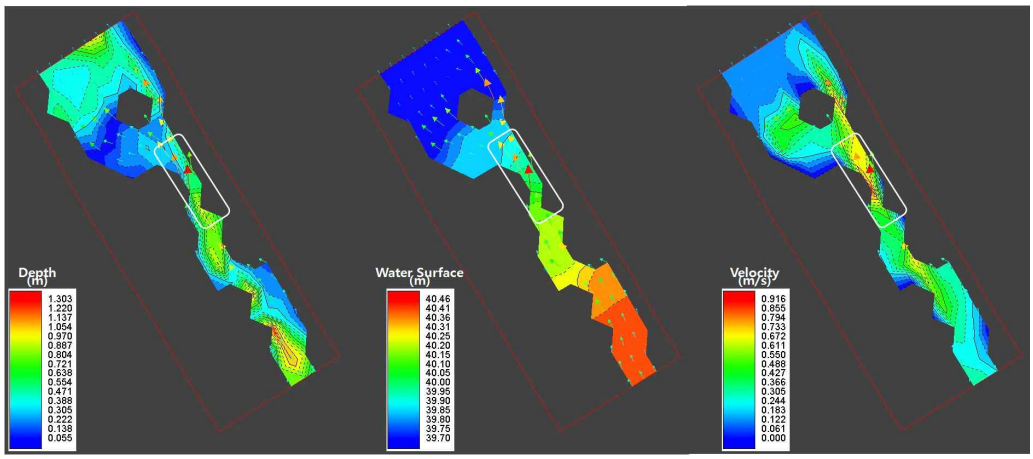

그림 5. 풍수량 적용시 모의결과

평수량 4.02 m^3/s 적용 시 또한 퉁사리 서식처 구간내에 풍수량 모의 결과와 비슷한 경향으로 나타났다. <그림 4>, <그림 5>에 나타낸 서식구간내에서 다른 구간보다 최대유속 0.692 m/s가 모의 되었으며, 또한 수심과 수위 결과에서도 상·하류 구간보다 높은 값의 결과가 나타났다.

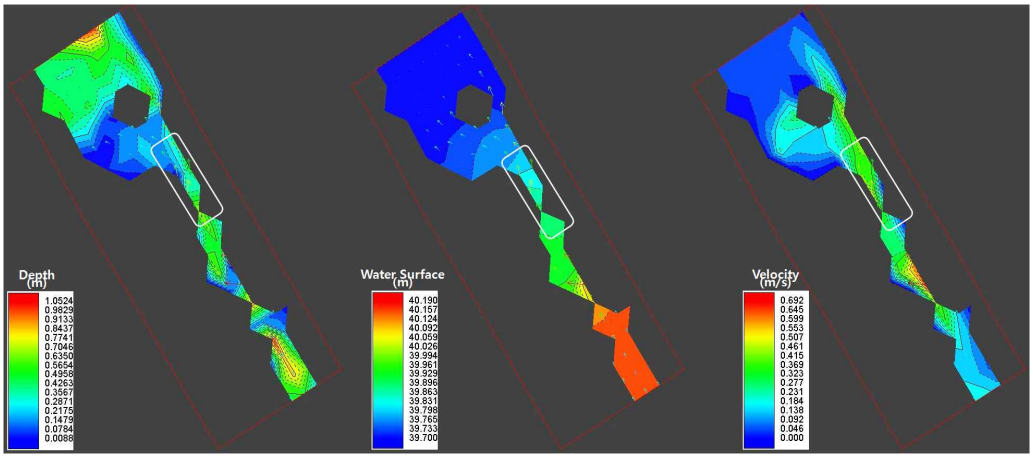

그림 6. 평수량 적용시 모의결과

5. 결론

본 연구에서는 환경부에서 지정한 멸종위기 1급 어종인 퉁사리를 대상으로 서식환경 특성 연구를 진행하였으며, 퉁사리의 생태학적 서식특성과 현재 지석천 상류 유역에서 관찰되고 있는 서식구간을 중심으로 MD-SWMS (Multi-Dimensional, Surface Water Modeling System) 모형을 이용하여 수리특성 분석을 수행하였다.

1. 퉁사리의 서식환경 특성분석 결과 <그림 4>와 <그림 5>에 퉁사리의 서식구간내에서 상·하류와 분류되는 결과가 나타났으며, 유속분석 모의결과 풍수량 적용시 0.916 m/s, 평수량 적용시 0.692 m/s로 모의 분석 되었다.
2. 본 연구에서는 MD-SWMS모형을 이용한 결과 퉁사리 서식처 환경의 조건에 만족하는 결과를 얻을수 있었으나, 향후 장기적인 퉁사리 서식처의 모니터링을 통해 얻어진 수집자료를 바탕으로 실측자료를 적용한 연구를 적용해 나가는 과정이 필요할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 성영두, 박봉진, 주기재, 정관수(2005), 하천의 어류 서식환경을 고려한 생태학적 추천유량 산정, 한국수자원학회논문집, 제38권 제7호, pp. 545~554
2. 임동균, 정상화, 안홍규, 김규호(2007), 피라미에 대한 보 철거 구간에서의 물리서식처 모의(PHABSIM) 적용, 한국수자원학회논문집, 제40권 제11호,pp. 909~920
3. 우효섭, 이진원, 김규호(1998), 물고기 서식처를 고려한 하천 유지유량 결정방법의 개발, 대한토목학회논문집, 제18권 제Ⅱ-4호, pp. 339~350
4. 김경준, 조광우, 정태성(2009), 기후변화에 따른 연안역의 해역-육역 통합범람 예측 방안에 관한 기초연구, 한국환경정책·평가연구원, 제17-254호
4. 노경범(2011), 하천생태 모형을 이용한 어류의 서식처 보전 및 관리방안 연구, 동신대학교, 박사학위논문
3. Leclerc, M., Boudreault, A., Bechara, J.,Corfa,G.(1995), Two Dimensional hydrodynamic modeling: a neglected tool in the stream flow incremental methodology, Trans. Am. fisheries Soc., V124(5), pp.645~662