

# 서식처적합도지수 산정을 위한 수생태계 조사 방법 개선에 관한 고찰

정태훈\*, 이남주\*  
\*경성대학교 토목공학과  
e-mail:njlee@ks.ac.kr

## Consideration on Improvement of Survey Method of Aquatic Ecosystem for Estimation of Habitat Suitability Index

Tachun Jung\*, Namjoo Lee\*  
\*Dept. of Civil Engineering, Kyung Sung University

### 요약

2008년 말 4대강 보 건설 시작과 이후 보 개방에 이어 일부 보 철거 결정이 내려지기 까지, 약 10년의 기간동안 우리나라 하천 환경은 상당히 급격하게 변화하였다. 하천 환경의 변화는 수생태계 현황에 많은 영향을 미치게 되며, 정부 기관에서는 관련법령에 따라 하천 생태계조사를 시행하고 있다. 한편 하천의 유지유량 산정에 생태계 유지 유량도 고려하여 계산될 필요가 있으며 이를 위해서는 서식처적합도지수의 구축이 필요하다. 하지만 현재 국내에서 사용되고 있는 조사 지침에는 기준이 명확하지 않거나 일부 항목들이 제외되어 있어 서식처적합도지수를 산정하기에 적합하지 않다. 논문에서는 국내 기준을 리뷰해보고 측정항목별로 개선 및 추가되어야 되는 내용을 제시하였다. 본 연구는 국내 수생태계 현황 조사를 위한 기준 작성에 참고할 수 있을 것이다.

### 1. 서론

4대강 사업과 이후 운영에 따라 우리나라의 하천 환경은 급변하고 있다. 이러한 변화에 대응하기 위해 수생태계의 서식공간을 자연 상태로 보전하고 하는 노력이 점차 늘어나고 있다. 국내 관련 기관들은 「물환경보전법」에 의거 하여 수생태계 현황조사 및 건강성 평가를 수행하고 있다.

한편, 하천의 유지유량을 갈수량을 사용하여 산정하고 있지만 수생태계 보호를 위해서는 생태계 유지 위한 유량도 동시에 반영되어야 한다. 하지만 현재 생태계 유지를 위한 유량 산정방법은 정립되어 있지 않으며, 해외의 경우 유지유량증분법(instream flow incremental methodology, IFLM)에 의한 어류 종류별 물리 서식처를 이용하여 생태유량을 산정하는 연구가 진행되고 있다[1]. 유지유량증분법에 의해 생태유량을 산정하기 위해서는 각 어종(또는 생물)별 서식처적합도지수(Habitat Suitability Index, HSI)의 구축이 필수적이다. 서식처적합도지수는 수생태계 서식처 적합도 모의에 필요한 물리적 인자(유속, 수심 등)에 대한 정량적 지수를 나타낸다. USGS에서는 60종의 어류를 포함한 약 160여 동물에 대한 서식처적합도지수를 산정하여 생태유량 결정에 중요한 인자로 활용하고 있다[2].

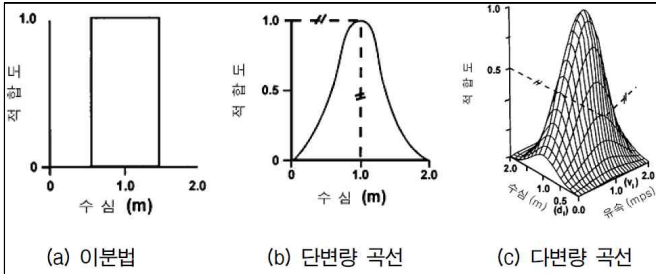
국내에서도 수생태계 현황 조사 및 건강성 평가 방법 등에 관한 지침(하천편)에 따라 부착돌말, 저서성 대형무척추동물, 어류, 수변식생, 서식 및 수변환경에 대한 조사를 진행하고 있으며 조사항목별 평가지수를 이용하여 수생태계 현황을 평가하도록 되어있다. 하지만 수생태계 현황 조사 및 건강성 평가 방법 등에 관한 지침(하천편)의 조사 내용들은 출현 어종 분류 및 출현율 등을 중심으로 되어 있으며, 물리적 정보를 조사하는 방법과 내용은 기준이 명확하지 않거나 일부 항목들은 제외되어 있어 서식처적합도지수 산정하기에는 적합하지 않다. 이 논문에서는 수생태계 현황 조사 방법 지침(하천편)을 리뷰해보고 서식처적합도지수 산정을 위해 필요한 현장 조사 항목을 반영하기 위해서 필요한 개선점을 제시하고자 한다.

### 2. 서식처적합도지수

#### 2.1 서식처적합도지수의 예

서식처적합도지수의 예는 그림 1과 같이 세가지 방법으로 나눌 수 있다. 그림에서 가로축은 대상이 되는 물리적 인자이며, 세로축이 적합도를 의미한다. 여기서 1의 값에 해당하는 물리적 인자 값이 대상 생물이 가장 선호하는 물리적 인자 값이 된다. 물리적 인자 값은 유속, 수심, 수온, 하상재료상태 등

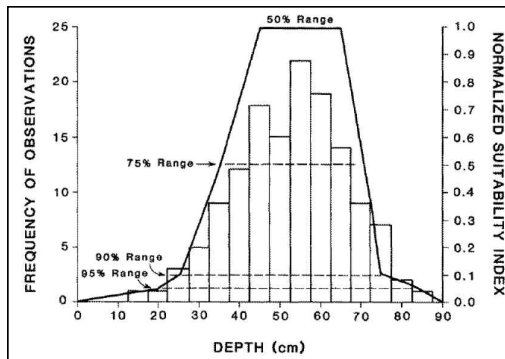
이 될 수 있다. 그림 1에서 (a)는 이분법은 물리적 변수의 적합도가 적합 또는 부적합으로만 있는 방법이다. 그림 1의 (b)는 자료가 비교적 풍부하여 각 지수별 물리적 범위를 알 수 있을 경우에 적용되며 일반적으로 사용되는 방법으로 단변량 적합도지수라 한다. 그림 1의 (c)는 다변량적합도지수로 2개 이상의 물리적인자를 동시에 고려하여 제시하는 방법이다.



[그림 1] 서식처적합도지수의 예[3]

## 2.2 서식처적합도지수 산정방법

미국에서 제시된 서식처 적합도지수는 WDFW(Washington Department of Fish and Wildlife)[4]에서 출판한 “Instream flow study guidelines”과 IFASG(Instream Flow and Aquatic Systems Group)[5]의 “Development and evaluation of habitat suitability criteria for use in the instream flow incremental methodology”가 있다. 국내에는 아직 서식처적합도지수 산정에 대한 기준이 존재하지 않고 있다. WDFW 방법은 특정 수심 및 유속이 차지하는 면적 백분율을 이용하기 때문에 단순히 개체수의 크기를 이용하여 서식처적합도지수를 계산하는 것 보다 좀 더 타당한 결과를 얻을 수 있다. 하지만 WDFW방법을 이용하여 서식처적합도지수를 산정하기 위해서는 매우 정밀한 하천 측량 자료와 많은 지점에서 물리적 인자의 조사자료가 필요하게 되어 현실적으로 적용하기에 무리가 있다. IFASG방법은 수심 및 유속 범위별 출현 개체수 분포를 작성한 후, 전체 개체수에 대한 50%, 75%, 90%, 95% 범위에 대하여 각각 적합도지수를 1.10, 0.5, 0.1, 0.05의 값을 부여하는 방식으로 국내에 상황에 더 적합하다고 판단된다(그림 2).



[그림 2] IFASG 방법을 이용한 서식처적합도지수 산정 예

## 3. 수생태계 현황 조사 방법 지침

### 3.1 수생태계 현황 조사 방법

수생태계 현황 조사 및 건강성 평가 방법 등에 관한 지침은 하천 수생태계 현황 조사 및 건강성 평가를 수행하는 방법 등 필요한 사항의 규정을 목적으로 작성되었다. 지침에서 제시하고 있는 수생태계 현황 조사항목은 표 1과 같다.

[표 1] 수생태계 현황 조사항목 및 내용

조사항목	조사내용	시기	횟수
부착돌말류	출현종수 및 세포밀도	봄(4~5월) 가을(9~10월)	연2회
저서성 대형 무척추동물	출현종수 및 개체밀도	봄(4~5월) 가을(9~10월)	연2회
어류	출현종수 및 개체수, 국내종·어울성저서종·민감종·내성종·충식종·비정상종·잡식종 등의 출현 종수 및 개체수	봄(4~5월) 가을(9~10월)	연2회
수변식생	식물상, 식생단면도, 현존식생도, 식생의 종조성, 출현 종수, 전체 식생 피복면적, 일년생 초본 및 덩굴·버드나무속·물푸레 나무속·외래종의 우점면적, 습지식물군락 피복면적 균등도, 내성종 출현종수, 식생단면안정성	봄에서 가을(5~9월) 중 생육이 왕성한 시기	연1회
서식 및 수변환경	종횡사주, 하도자연성, 유속 다양성, 하천변 폭, 저수로 하안공, 제방하안 재료, 저질상태, 횡구조물, 제외지 토지 이용, 제내지 토지 이용	봄(4~5월) 또는 가을(9~10월)	연1회

각각의 조사항목에 따라 수생태계 현황 조사 및 건강성 평가 방법 등에 관한 지침에 제공되어 있는 현지조사표에 따라 현장상태를 자세히 기록하게 되어 있다. 이 중 부착돌말류, 저서성 대형무척추동물, 어류에 대한 현지조사표는 그림 3~5와 같다.

### 3.2 조사항목별 현지조사표의 문제점

#### 3.2.1 하상상태

부착돌말, 저서성대형무척추동물, 어류 모두 하상상태에 대한 조사내용이 현지조사표에 포함되어 있다. 이는 부착돌말류 현지조사표의 (서식지 TYPES)-(해당하천에 존재하는 각 서식지 조건(%)), 저서성대형무척추동물의 (하천현황)-(하상기질), 어류의 (하천의 물리적 특성)-(하상구조 특성) 항목에 각각 대응한다. 수생태계 현황 조사 방법 지침에는 하상의 현재 저질상태를 200 m 구간 내에서 하상구조 특성을 관찰하고 가장 높은 비율의 하상 구성 상태를 평가하라고 간략하게 제시되어 있다. 해당 항목들은 현장에서 시료 채취 후 실험실 조건에서 체분석을 통해 입도분석실험이 이루어져야 정확한

결과를 얻을 수 있는 내용이다.

부착돌말류 현지조사표

하천명:	행정구역명		
조사지점명칭:	분류번호		
경위도(DMS): 위도 ° ' " 경도 ° ' "	하천형 산간형 평지형 (도시, 농지) 강 호소		
조사자명 작성자명:	일자 시간	오전 / 오후	날씨
서식지 TYPES	합계 (100 %)	예상하천에 존재하는 각 서식지 조건 (%) : 채집지에서 반경 25 m 내의 하상 조건 ■ 모래-실트-진흙-쓰레기 ■ 자갈 ■ 기반암 ■ 식물, 뿌리 등 ■ 작은 나무 조각	
	합계 (100 %)	채집지에서 반경 25 m 내의 흐름상태 ■ 여울 (Riffle) ■ 흐름 (Run) ■ 소 (Pool)	
시료채집	채집지에서의 상-하류 25 m (중 50 m) 내의 canopy 및 수변식생피복 ■ Canopy ■ 수변식생피복		
	채집방법 ■ 걸어서 들어감 ■ 수변으로부터 채집 ■ 보트를 타고 채집 샘플채집 수 ■ 자갈/호박물 개 (기타)		
수변 및 하천환경	물빛 ■ 맑음 (바닥까지 보임) ■ 탁함 ... 정도 (약간, 심함), 혼탁이유 -- (유기물, 유기물)		
	냄새 ■ 없음 ■ 보통 ■ 악취 (유기물) ■ 악취 (공정폐수)		
	합계 (100 %)	채집지에서의 상-하류 25 m (중 50 m) 내의 수변식생 분포 수변식생 ■ 초본 ( %) ■ 관목 ( %)	
	합계 (100 %)	채집지에서 반경 50 m 내의 토지이용 주변토지이용 ■ 도시 ( %) ■ 숲 ( %) ■ 논, 밭 ( %) ■ 공단 ( %) ■ 준설 및 공사 ( %) ■ 축사 ( %)	
모래퇴적침식 (기질매몰도) ■ 거의 없음 ■ 10~20 % ■ 20~50 % ■ 50~80 % ■ > 80 %			
보의 위치 및 영향 ■ 없음 ■ 있음 ■ 상류 / 하류, (조사구간과의 거리) m; 수질영향 유무: 유 / 무 기타 될 구조물 ■ 없음 ■ 있음 ( )			

환경요인		
항목	현장측정값	기타 특이사항
수온 (°C)		
DO (mg/L)		
pH		
전기전도도 (µS/cm)		
탁도 (NTU)		
기타(TDS(g/L) 등)		

[그림 3] 부착돌말류의 현지조사표

저서성 대형무척추동물 현지조사표

조사지 정보	조사지명	분류번호	조사지점명칭	행정 구역명	시 도	시 군 구 읍 면 동 리			
	조사일시	년 월 일 시 분	구조물	경위도 (DMS)	위도	° ' "			
	작성자명	날씨	기온	°C	수온	°C			
조사도구	<input type="checkbox"/> 서버베트 <input type="checkbox"/> 드렛지 기타 도구명( ) 규격:( cm× cm) ( 회)								
유역환경	유역이용			유역오염원					
	<input type="checkbox"/> 산림 <input type="checkbox"/> 농경지 <input type="checkbox"/> 생활하수 <input type="checkbox"/> 목초지 <input type="checkbox"/> 공정지대 <input type="checkbox"/> 농잡배수 <input type="checkbox"/> 기타 ( ) <input type="checkbox"/> 마을 <input type="checkbox"/> 주거밀집지 <input type="checkbox"/> 축산폐수 <input type="checkbox"/> 상가 음식점 <input type="checkbox"/> 기타 ( ) <input type="checkbox"/> 공장폐수								
수변환경	식 생 (합계 100%)			수피도 (Canopy cover)					
	교육: % 관목: % 초본: % <input type="checkbox"/> 1.없음 <input type="checkbox"/> 2.부분적 <input type="checkbox"/> 3.전음 범람원 <input type="checkbox"/> 1.자연형 <input type="checkbox"/> 2.농경지 <input type="checkbox"/> 3.도로 <input type="checkbox"/> 4.주차장 <input type="checkbox"/> 5.산책로 <input type="checkbox"/> 6.기타: 재방(차안): 상류에서 하류로 볼때 <b>재방(우안): 상류에서 하류로 볼때</b>			자연형 석축 돌망태 콘크리트 수직 자연형 석축 돌망태 콘크리트 수직					
하천현황	하천유형	<input type="checkbox"/> 1.산간형 <input type="checkbox"/> 2.평지형 <input type="checkbox"/> 3.강 <input type="checkbox"/> 4.인공수로							
	서식처 (합계 100%)	여울 (Riffle)		흐름 (Run)		소 (Pool)			
		허곡	(m)	수심차(mm)					
	수폭	(m)	~						
	평균수심	(cm)	~						
	평균유속	(cm/s)	~						
투명도		냄 새							
매우맑음	맑음	보통	탁함	매우탁함	없음	조금	중간	심함	매우심함
<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
하상기질 (합계 100%)									
진흙 이하		모래	왕모래	자갈	작은돌	큰돌 이상			
< 0.063 mm		(0.063 ~ 2)mm	(2 ~ 16)mm	(16 ~ 64)mm	(64 ~ 256)mm	> 256 mm			
%		%	%	%	%	%			
기타 특이사항	채집가능지			채집불가지					
	<input type="checkbox"/> 1.가움 <input type="checkbox"/> 2.홍수교란 <input type="checkbox"/> 3.공사중 <input type="checkbox"/> 4.준설 <input type="checkbox"/> 1.건천화 <input type="checkbox"/> 2.접근불가 <input type="checkbox"/> 3.공사중 <input type="checkbox"/> 4.준설 <input type="checkbox"/> 5.기타			<input type="checkbox"/> 5.기타					

[그림 4] 저서성 대형무척추동물의 현지조사표

[서식 3]

어류 현지조사표

종명	하천명	분류번호	조사지점명칭	행정구역명			
하천차수	차			경위도(DMS) 위도 ° ' " 경도 ° ' "			
조사기관	채집소요시간			투망 ( )회, 측대 ( )분			
조사자명	조사일시			년 월 일 시			
작성자명	기상상태			맑음 / 흐림 / 비 (눈)			
No.	종명	개체수	비정상 개체수 (유형)	No.	종명	개체수	비정상 개체수 (유형)
1				16			
2				17			
3				18			
4				19			
5				20			
6				21			
7				22			
8				23			
9				24			
10				25			
11				26			
12				27			
13				28			
14				29			
15				30			
비정상 유형		특징	증상	하천의 물리적 특성 (200 m 구간 평가)			
DE (Deformity)	변형	머리 근육, 지느러미, 그리고 몸의 다른 부분의 변형		[I] 하상구조 특성 ① 알반 ( %) ② 콘크리트 ( %) ③ 진흙 (< 0.063 mm, %) ④ 모래 (0.063 ~ 2 mm, %) ⑤ 잔자갈 (2 ~ 16 mm, %) ⑥ 자갈 (16 ~ 64 mm, %) ⑦ 작은돌 (64 ~ 256 mm, %) ⑧ 큰돌 (> 256 mm, %)			
EF (Erosion of fin)	지느러미 깎임	정상 지느러미가 후천적 영향으로 파괴 및 부식 됨		[II] 하천의 형태 특성 ① 자연형 ( ) ② 직강화 ( ) ③ 복합형 ( ) ④ 담 / 보 / 교각 ( ) ⑤ 하천공사 ( )			
LE (Lesions)	피부손상	체액과 조직의 상해 부상 (대개 출혈을 동반)		[III] 하천의 흐름 유형 ① 여울 ( ) ② 흐름 ( ) ③ 소 ( )			
TU (Tumors)	종양	체벽 외부로 조직의 돌출		[IV] 하천의 흐름 상태 ① 아주빠름 ( ) ② 빠름 ( ) ③ 보통 ( ) ④ 느림 ( ) ⑤ 거의 정체 ( )			
기타 특이 사항		채집 불가 ( )		채집 가능 (어류군집에 영향을 미칠 수 있는 요인)			
		접근불가 / 건천화 / 공사 중 / 준설 중		수체 오염 현황 ( ) :			
		기타 :		하상 교란 현황 ( ) :			
				기타 현황 :			

[그림 5] 어류의 현지조사표

3.2.2 수심

수심의 경우 저서성 대형무척추동물의 경우에만 현지조사표의 조사항목으로 포함되어 있다. 하지만 수생태계 현황 조사 및 건강성 평가 방법 등에 관한 지침에는 수심을 어떻게 조사해야 하는지, 현지조사표에 기재되어 있는 평균수심은 무엇을 의미하는지 등은 상세하게 기술되어 있지 않다.

3.2.3 유속

유속의 경우 어류와 저서성 대형무척추동물의 현지조사표에 기재되어 있다. 저서성 대형무척추동물의 현지조사표에는 평균 유속을 기재하도록 되어 있고, 어류의 현지조사표에는 하천의 흐름 상태를 아주빠름, 빠름, 보통, 느림, 거의 정체로 구분하여 선택하도록 되어 있다. 하지만 수생태계 현황 조사 및 건강성 평가 방법 등에 관한 지침에는 유속의 구분에 대한 범위가 제시되어 있지 않다.

3.2.4 일반수질항목

부착돌말의 경우 수온, DO, pH, 전기전도도, 탁도 등을 현장 측정하여 기재하도록 되어 있다. 해당항목들은 현장수질 측정기기를 이용하면 한번에 측정할 수 있다. 저서성대형 무척추동물의 경우 투명도와 냄새가 5단계로 구분되어 선택하

도록 되어 있지만 해당 항목들의 기준은 별도로 제시되어 있지 않다. 어류의 경우에는 일반수질 항목 조사에 관한 내용이 없다.

#### 4. 서식처적합도지수 산정을 위한 현장 조사 지침에 관한 고찰

서식처적합도지수 계산에는 생물의 개체수 조사결과와 물리적인 인자 값이 동시에 조사되어야 한다. 동일한 수계내에서 생물의 개체수와 물리적 인자 값이 변화한 조사결과 값들이 누적되면 비로서 서식처적합도지수 산정을 계산할 수 있을 것이다. 하지만 물리적 인자 값이 측정하는 명확한 기준이 없어 수생태계 현황 조사 및 건강성 평가 방법 등에 관한 지침을 이용한 조사결과로는 서식처적합도지수를 계산하는데 부족함이 있는 것으로 판단된다. 또한 같은 측정항목이라도 값의 범위나 기준, 측정방식이 상이한 것은 일치시키는 것이 필요하다고 생각된다. 이에 따라 현장 조사 여건이 허락하는 범위내에서는 현장조사표를 개정하는 것이 적합하고 판단된다.

#### 감사의 글

본 논문은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원 수생태계 건강성 확보 기술개발사업의 지원을 받아 연구되었습니다 (2020003050002).

#### 참고문헌

- [1] Stalnaker, C. B., B. L. Lamb, J. Henriksen, K. Bovee, and J. Bartholow. The instream flow incremental methodology a primer for IFIM: Biological report 29. U.S. Department of the Interior, p.45. 1995.
- [2] 강형식, “어류의 물리적 서식적합도지수 산정방안 고찰”, 한국환경정책평가연구원, 2010년.
- [3] 김규호, “하천 어류 서식 환경의 평가와 최적유량 산정”, 연세대학교, 2010년.
- [4] Washington Department of Fish and Wildlife. Instream flow study guidelines: Technical and habitat suitability issues. 2004.
- [5] Instream Flow and Aquatic Systems Group. Development and evaluation of habitat suitability criteria for use in the instream flow incremental methodology: Biologic report. Instream flow information paper No. 21. National Ecology Center. 1986.