

어류가 보는 습지의 생태적 가치

이승휘

호남대학교 생물학과

서론

1. 습지에 관한 이해

습지는 지구의 수많은 화학, 물리 및 유전인자의 원천, 저장소이자 변화의 산실로서 인류에게 오랜 기간 동안 매우 귀중한 역할을 하고 있다. 습지는 자연현상 및 인간의 활동으로 인해 발생된 유무기질을 변화시키고 수문 수리 화학적 순환시킨다. 이 과정에서 수질의 자정작용이 이루어지는데 이러한 맥락에서 "자연의 콩팥"이란 용어로 비유되기도 한다. 수질 정화 이외에도 습지는 홍수 방지, 해안 침식 방지, 지하수 충전을 통한 지하수량 조절 등의 다양한 역할을 한다. 습지는 다양한 동식물군으로 구성되어 특이한 생태계를 조성한다. 최근 습지가 다른 생태계에 비해 그 중요성이 크게 인식되고 있는 이유는 습지가 제공할 수 있는 여러 가지 생태적 기능에 의해 인류 사회에 유익한 보전적 가치가 점점 알려져 가고 있기 때문이다. 습지가 지닌 주요한 생태적 기능을 살펴보면, 습지는 조류, 어류, 포유류, 양서류, 파충류 등 각종 야생 동물에게 서식처를 제공한다(표 1). 우수 속의 침전물과 유기물을 제거하며, 지표수 및 지하수의 저장 및 충전을 통한 유량을 조절하는 동시에 수변과 연계된 레크리에이션의 이용 가능성이 높은 지역으로서 다양한 특성을 가지고 있다.

표 1. 생물 서식처의 계층

크기	계	층
	super-microhabitat	미세 서식처
소	micro habitat	소규모 서식처
↓	meso habitat	중규모 서식처
↓	macro habitat	대규모 서식처
↓	biotope network	비오톱 네트워크
대	local network	지역적인 비오톱 네트워크
	global network	지구규모의 비오톱 네트워크

따라서 특정 지역의 습지를 효과적으로 보존하면 생물종의 다양성을 증대시킬 수 있고, 연안과 내수면의 수질을 정화할 수 있으며, 각종 수산 및 어족자원을 풍부하게 제공할 수 있는 서식처로 이용할 수 있다.

습지(濕地, wetland)의 용어 상 정의는 나라별, 지역별, 시대별 분류기준에 따라 그 내용이 다양한데, 습지라는 용어의 사전적인 의미는 물기가 있는 축축한 땅"을 지칭하는 말이다. 우리나라의 습지보전법에서는 습지란 담수기수 또는 염수가 영구적 또는 일시적으로 그 표면을 덮고 있는 지역으로서 내륙습지 및 연안습지로 정의한다. 습지는 크게 내륙습지와 해안습지로 크게 구분하고 있는데, 내륙습지는 육지 또는 섬 안에 있는 호 또는 소와 하구 등의 지역을 가리키고, 해안습지는 "만조 시에 수위(水位)선과 지면이 접하는 경계선으로부터 간조시에 수위선과 지면이 접하는 경계선까지의 지역"으로 정의하고 있다. 습지의 분류기준은 나라마다 다양하나 일반적으로 람사협약이 정한 기준을 따르는 것이 합리적이며 습지의 가치는 생태학, 수문학 및 경제적 가치가 있다.

첫째, 습지는 조류, 어류, 포유류, 양서류, 파충류 등의 각종 야생 동물의 서식처를 제공하고, 우수 속의 침전물과 유기물을 제거하며, 지표수와 지하수의 저장 및 충전을 통해 유량을 조절하는 동시에 수변과 연계된 레크리에이션의 이용 가능성 등 다양한 특성을 가지고 있다. 둘째, 습지의 토양은 단위 부피당 보유할 수 있는 물의 양이 많고 자연적으로 형성된 배수관개도가 복잡하며 조직적이어서 우기나 가뭄에 훌륭한 자연 댐의 역할을 한다. 우기나 홍수 때의 과다한 수분은 습지토양 속에 저장되었다가 건기에 지속적으로 주위에 공급함으로써 수분을 조절한다. 우기나 홍수 때의 과다한 수분은 습지 토양 속에 저장되었다가 건기에 지속적으로 주위로 공급된다. 이때 토양은 표면 유출수를 효과적으로 흡수함으로써 토양 침식을 방지하기도 한다. 셋

째, 습지가 제공해 주는 경제적인 가치를 정확히 평가할 수는 없는 단계이지만, 수자원의 확보와 적정 유지에 기여해주는 수자원 개발 및 관리와 관련된 비용을 절감시켜 주며, 수질을 정화해 환경오염에 따른 비용을 절감시켜 주고, 어업 및 수산업의 산실로서 전 세계 어획고의 2/3을 차지하여 막대한 수입원이 된다. 그 외에도 지역에 따라서 농업, 목재 생산, 이탄과 식물자원 등의 에너지 자원, 야생동물 자원, 교통수단, 휴양 및 생태관광의 기회 제공 등으로 매우 높은 경제적 가치가 있다. 그 밖에 습지는 물과 함께 독특한 경관을 만들어내고, 문화적 가치와 함께 생명력이 넘치는 역동적인 공간이 된다. 이러한 내용을 기반으로 자연교육 및 체험 장소로 활용된다.

2. 어류에 관한 이해

고대 서양에서는 “Fish is brain food”이라고 하며 어류를 음식물로 활용하기에는 활용에 유의하였다. 현대에는 동서양을 불문하고 DHA(dodesa hexanoic acid), EPA(eicosa panteonic acid)등을 함유하여 장수건강식품, 의약품, 화장품, 공업 및 신소재의 원료가 되고 있다.

“중이란 교배를 통하여 자손을 번식시킬 수 있는 개체들의 집단“ 알려진 척추동물의 약 2/3는 어류로서 형태에 따른 구분하며 턱없는 물고기(무악어류), 연골어류, 경골어류를 포함하여 서식처에 따라(표 2) 담수산(1차, 2차 담수어 및 회유성 어류) 어류와 해산(수심에 따라, 상층대, 중층대, 하층대, 심연층대)어류로 구분하며 해산어류는 수온에 따라 온대성, 냉-온대성, 한대성 어류로 세분하기도 한다.

본 론

1. 생태계에 대한 환경 영향

표 2. 여러 서식처에 살고 있는 물고기의 상대적인 수치 (어종별 분포)

담수산 어종	41.2%	1차담수어	33.1%
		2차 담수어	8.1%
회유성 어종			0.6%
해수산 어종	58.2%	온대천해성	39.9%
		냉대천해성	5.6%
		상층대	1.3%
		중층대	5.0%
		하층 및 심연층대	6.4%

현재 지구가 처한 위기라 하는 당면한 문제점 중 가장 심각한 것은 무엇일까? 생물학자 입장에서 물과 관련된 심각한 문제점은 무엇이라고 여기는가?

지구 온난화를 비롯한 다양한 환경 문제는 일련의 연관관계를 가진 상태로써 산업혁명 이후부터 전세계적 온실가스 배출은 계속 증가하였다. 온실효과에 따른 지구 온난화 결과를 비롯하여 물 부족, 식량 문제, 산림 훼손, 사막화, 생물 다양성 훼손 등 다양한 문제를 거론할 수 있을 것이다. 인구의 증가와 산업발전은 선진국 뿐 아니라 저개발국에도 심한 개발지상주의를 이끌어 심한 자연훼손과 자원고갈을 초래하고 있는 실정이다. 1970년부터 2004년 사이에는 70%까지 증가함에 따라 물 부족, 식량 문제, 산림 훼손, 사막화 그리고 생물 다양성의 훼손 등이 나타나 인류의 생존이 위협받게 되었다.

2. 동물의 서식처가 되는 습지

동물의 서식처로 제공되는 습지는 다음과 같은 가치와 역할을 갖는다.

습지는 다양한 생물들이 살 수 있는 공간을 제공한다. 습지의 얇은 물과 수초지대는 물고기들이 알을 낳고 어린 물고기들이 살기에 좋은 환경을 가지고 있으며 새들에게도 쉬거나 먹이를 구할 수 있는 장소로서 중요한 역할을 한다. 또한 육상동물들에게도 물을 공급해주고 쉴 수 있는 장소로 활용된다. 그래서 여러 종류의 생물들이 습지에 모여서 살기 때문에 생물다양성이 높다. 습지내의 풍부한 플랑크톤이나 유기성 분해물질은 수서 곤충이나 어패류에게 먹이를 제공하고 수서 곤충이나 어패류는 온갖 물새나 양서류, 소형 포유동물의 먹이가 된다. 습지는 지구상의 그 어느 지역보다 생물학적 생산성이 높은 곳이며 '지구 생명의 신비와 질서를 잘 간직하고 있는 곳이다. 지구상에 있는 습지 생태계의 생산력은 평균 3000g/m²/yr 이상으로 알려져 있고, 이는 열대우림 생태계와 비슷하다. 습지 생태계는 대륙붕보다 약 10배, 외해역보다는 거의 30배 이상 높은 생산력을 보인다. 습지의 토양은 단위 부피당 보유할 수 있는 물의 양이 많고 자연적으로 형성된 배수관개로가 복잡하며 조직적이어서 우기나 가뭄에 훌륭한 자연 댐의 역할을 한다. 우기나 홍수 때의 과다한 수분은 습지토양 속에 저장되었다가 건기에 지속적으로 주위에 공급함으로써 수분을 조절한다. 습지가 지구에서 차지하는 면적은 적으나 거시적인 기후 조절

표 3. 생물지표 선정근거 및 수행내용

분류	선 정 근 거	수 행 내 용
중요종	멸종위기의 야생동식물, 천연기념물, 환경부 보호종, 지역 고유종 등	종의 보호 및 서식처의 보전 및 개선을 위한 대책 마련
지표종	환경변화에 민감하고 현재의 오염수준을 나타내는 종	하천환경의 변화 모니터링
복원종	현재는 일부 또는 발견되지 않으나 양호한 하천환경에서 나타나는 대상하천의 고유종	하천사업의 목표종으로 선정하여 복원종이 출현할 수 있는 환경을 계획 및 설계에 반영
관리종	고유종과 생태계를 위협하는 외래종이나 위해종	적극적 관리를 통해 제거

측면에서는 대기 중으로의 탄소 유입을 차단하여 지구온난화의 주범인 이산화탄소의 양을 적절히 조절해주며, 미시적 측면에서는 한 지역의 대기온도 및 습도 등을 조절하는 국지적 기후조절기능을 가진다. 습지에 서식하는 동식물, 미생물과 습지를 구성하는 토양 등은 주변으로부터 흘러나오는 각종 오염된 물을 흡수하여 오염물질을 정화시키고 깨끗한 물을 흘려보낸다.

습지는 풍부한 생물다양성을 나타내며 ① 지하수층으로부터 물의 유입과 유출 시 물이 습지에서 지하수층으로 이동할 각종 오염물질이 여과되며 이 물은 다시 습지로 유출되는데 지하수 층으로부터 유출된 물이 대부분을 차지하는 습지의 경우 수온이나 수량 변화가 적어 생물의 안정된 서식환경을 제공한다. ② 육상 또는 습지의 생물 생산에 의한

풍부한 영양을 함유한 물은 하류나 연안으로 운반되어 영양물의 침전으로 생물의 생산력을 높인다. 내륙이나 연안의 어업이나 범람원의 농업 또는 생물의 다양성은 이 기능에 의지하고 있다. ③ 습지는 과잉의 물을 축적하는 저수지 역할을 하거나 습지에 서식하는 식생이 물의 흐름을 지연시켜 수량의 극심한 변화를 막고, 하류의 홍수발생을 완화시킨다. 자연습지 유지는 댐이나 저수지, 관개 시스템의 필요성을 줄일 수 있는 경제적인 효과가 있다. ④ 자연의 힘으로부터 지킨다. 식물은 파도나 물결 등 침식 에너지를 소멸시켜 토양을 보호하고 물가, 해안선 등을 안정시킨다. ⑤ 토사 등 불용성 물질을 퇴적시켜 보호 유지한다. 습지의 식생이나 넓이, 물의 깊이 등의 물리적인 성질이 물결을 지연시켜 불용성 물질을 침전·퇴적시킨다. 이는 습지로 유입되는

표 4. 각국의 서식처 평가 및 유량 설정 방안

국가	적용방법
영국	• IFM/PHABSIM, MAF, HABSCORE, RIVPACS
미국	• IFIM/PHABSIM, RCHARC, Tennant Method, HEP/HIS, R2-CROSS, RVA
일본	• 인위적 생태환경 변화의 영향 평가 연구 진행 중
호주	• 전무가 패널기법, 전체적 접근법, IFIM/PHABSIM
오스트리아	• IFIM/PHABSIM, 전문가 패널기법
캐나다	• 7Q10, Tennant Method, PHABSIM, MMF 기법
체코	• IFIM을 기반으로 한 기법이 개발 중
덴마크	• 최저 유량 중앙값 적용
프랑스	• EVHA (서식처평가법← PHABSIM과 유사)
핀란드	• EVHA
네덜란드	• PHABSIM, HEP, HIS, Mesohabitat
뉴질랜드	• PHYHABSIM
노르웨이	• RSS (River Simulation System)
남아프리카	• 일유량 기록 사용, 빌딩 블록기법 Biotopes, 지형적 변화
스페인	• Palau basic flow 기법, Basque 기법, 서식처 평가
스웨덴	• 하천시스템 수치모의를 이용한 하천유량연구단체
스위스	• Q95
독일	• CASIMIR(미소 서식처 모의실험 기법)
이탈리아	• Montana 기법, 운변 방법, IFIM/PHABSIM

오염물질의 제거로도 이어진다. ⑥ 물이 천천히 흐르는 시기에 습지 영양염류가 퇴적되면 수질이 개선되어 부영양화를 억제한다. 또한 수생생물의 생산력을 높이며 습지의 수목이나 농산물의 성장을 촉진시킨다. 물의 흐름이 빠른 시기에는 영양염류가 습지로부터 유출되기 때문에 하류나 연안의 영양원이 된다. ⑦ 해수의 침입을 막는다. 연안의 식생도 조수의 영향으로 하천에 염수가 유입되는 것을 막는 간접적인 가치와 영향을 발휘하기도 하며 직접적인 가치로서 자원을 생산하며 그 자체가 자원이 되기도 한다.

3. 생물조사의 평가

생물조사의 평가는 다양한 생물을 대상으로 실시한 생물

군별로 조사 자료를 바탕으로 검증된 정성 및 정량분석법을 활용하여 교란 및 오염의 정도, 생태자연도 등 수서환경의 평가가 가능하다(표 3; 표 5). 특히 하천생물은 하천환경을 반영하는 지표가 되므로, 생물조사를 수행하는 모든 생물군별로 조사결과에서 표 4와 같이 중요종, 지표종, 복원종, 관리종 등과 같은 생물지표를 선정하여 습지 평가에 반영할 수 있다.

각 생물군별로 생물조사를 수행절차 중에서 공통적으로 ‘고찰 및 평가’ 단계를 포함하고 있다. 고찰 및 평가단계에서는 생물조사의 결과를 환경과 연계하여 평가하고, 적절히 활용할 수 있도록 구체적으로 제시하고 있다. 따라서 개별 생물군의 평가는 이를 적극적으로 반영한다. 고찰 및 평가

표 5. 하천유량 설정기법 정리

방법론	내 용	
Hydrological	7Q10, Q347	<ul style="list-style-type: none"> • 10년에 단 한번 연속 7일 동안 발생한 것이 예상되는 유량 • 오염수 희석 표준 설정에 사용 • 최저 생태 유량을 총체적으로 과소평가하기 때문에 하천 유량 보호에 대해 적용하기에는 부적절한 것으로 평가
	Q347 = 95 percentile	<ul style="list-style-type: none"> • 영국과 웨일즈에서 최소유량 지표로 사용 • 일반적으로 하천유량 목표 설정에 있어 부적합한 것으로 평가
	Tennant	<ul style="list-style-type: none"> • 미국 중서부에서 측정된 유량의 연평균에 따라 목적에 적합한 유량% 설정 • 영국에서 생태를 고려한 방법과 접목하여 개발 중 • 개발에 있어 상당한 연구와 다양한 방법의 활용이 요구됨
	Arkansas	<ul style="list-style-type: none"> • Arkansas 생물에 대한 Tennant 방법
	ABF	<ul style="list-style-type: none"> • 8월 중앙유량 또는 월 최저유량 중앙값을 활용하여 산란기 유량 설정(영국)
	NGPRP	<ul style="list-style-type: none"> • 풍수년, 갈수년, 평년으로 여러 해들을 구분 • 평년의 90 percentile 유량 적용
	Hoppe	<ul style="list-style-type: none"> • 송어 생활단계를 기준으로 일 유량 설정 • 유량 지속시간 곡선 활용
	Texas	<ul style="list-style-type: none"> • 월 중앙유량의 %유량 설정 • 하천 생태계 조사결과를 고려하여 설정
	Basic flow	<ul style="list-style-type: none"> • 하천 유형에 따른 특성 기저흐름(스페인) • 추가 조사가 필요하며, 실효성이 없을 것으로 평가
	Nature Conservancy	<ul style="list-style-type: none"> • 다양한 접근법이 존재하며 수문학 지표 이용 • 수문학적 다양성을 포함하기 때문에 변동성이 크며, 이로 인해 추가적인 조사와 표준적 절차 필요
Hydrauloc (Simple)	Wetted perimeter	<ul style="list-style-type: none"> • 율변과 유량 관계곡선 위의 변곡점 설정 • 점증적이지 않으며, 관계곡선은 하도형상에 영향을 받지만 수심 및 시계열을 반영할 수 없음 산란기 유량 설정에 활용될 수 있으나 PHABSIM에 비해 신뢰성이 낮음
	Singh (1989)ASCE	<ul style="list-style-type: none"> • 수리학적 계수를 추정하였으나, 적용성 부족
	R2 Cross	<ul style="list-style-type: none"> • 영국에서 여울의 현장 자료를 활용하여 수심과 수위 모의 • 단순화시킨 PHABSIM 결과야 유사한 결과 도출 • 전술한 경우와 같이 물리서식처 조건이 제한적일 경우 적용 가능
	HEP/HSI	<ul style="list-style-type: none"> • 서식처 지수에 대한 표준 지침 • 미국과 네덜란드의 하천환경에 적용

표 5. (계속)

방법론		내 용
Habitat mapping professional Judgement	Biotopes / funcional habitats	<ul style="list-style-type: none"> • 대상생물보다는 서식처를 기반으로 개발된 접근법 • 활용성 입증되지 않음 • 개발 진행 중으로, 다양한 방법론과 현장자료를 바탕으로 방법론 보완 필요 • Harper et al. (1995) 참고
	Holistic approach / Building block	<ul style="list-style-type: none"> • 원지, 하도, 수변역, 홍수터, 지하수, 습지, 그리고 하구를 포함하는 유역 전반에 걸쳐 생태계를 평가하는 방법 • 하천 본래의 계절 및 유량 변화를 발생할 수 있는 자연성이 유지되어야 함 • 보다 세부적인 연구 필요
	Expert Panel Assessment Method	<ul style="list-style-type: none"> • 현장 조사와 다학제 간 전문가 의견을 기반으로 함
Microhabitat	IFIM	<ul style="list-style-type: none"> • 생태적 요국 및 영향을 수자원 계획에 반영하기 위한 개념적 방법론 • 미국 USGS에서 개발되었으며, 모형의 한계가 존재하기는 하지만, 세계적으로 가장 적용성이 검증된 방법
	PHABSIM	<ul style="list-style-type: none"> • IFIM개념을 이용하고 있으며, 가중가용면적과 유량과 관계를 도출하여, 수자원 계획 수립에 있어 의사결정 수단으로 활용 가능
	PHABSIM	<ul style="list-style-type: none"> • Thomas R. Payne에 의해 수정된 PHABSIM의 상업적 버전
	FRC	<ul style="list-style-type: none"> • 하천 물리서식처 시계열을 반영하여 최저, 평균, 최적 유량을 설정하기 위한 모형(캐나다)
	PYHABSIM	<ul style="list-style-type: none"> • PHABSIM의 뉴질랜드 버전
	RSS	<ul style="list-style-type: none"> • 서식처 모의 모형으로 수리해석은 HEC-2를 사용하며, 서식처 모의를 위한 BIORIV와 HABITAT활용(노르웨이)
	EVHA	<ul style="list-style-type: none"> • PHABSIM을 개선한 모형(프랑스)
	CASIMIR	<ul style="list-style-type: none"> • 독일에서 개발한 모형으로 전단응력을 기반으로 모의 • 영국 등에서 활용성 검토
	Fleckinger	<ul style="list-style-type: none"> • PHABSIM을 개선한 모형(마드리드 지역)
	RCHARC	<ul style="list-style-type: none"> • 하천의 군집 생물군을 고려하여 서식처를 평가하기 위한 방법 • 대양을 가진 대조구간의 서식처 수리해석을 비교하기 위해 사용
Multivariate statistical	RIVPACS / HABSCORE	<ul style="list-style-type: none"> • Darent지역에 대한 생태 허용 가능 유량을 설정하기 위해 Brown et al. (1991)에 이해 적용 • Uses hydraulic for lowland reaches and data on invertebrate-flow relationships in uplands
	Basque	<ul style="list-style-type: none"> • A relatively coherent system for relatively narrow range of river ecotypes • Potential for futher investigation
	HQI / DTHC	<ul style="list-style-type: none"> • HABSCORE와 유사한 다변량 회귀 모델 • 생물량 예측에 사용

단계에서 제시하고 있는 내용과 양식을 소개하면 다음과 같다. 특히 생물종 ; 남방한계종, 북방한계종, 지역의 고유종 등 지리적 분포가 특징적인 종이나 미기록종 등, 그 지역에 특별한 종에 대해 정리한다(표 4). 각 조사 시 확인한 생물종과 분포상황, 군집구조에 따라 조사대상지의 특징을 정리한다. 조사지의 생물 생육을 제한하는 환경상의 문제점과 생물다양성을 보전하고 조사 대상 환경을 개선하기 위한 제안사항을 제시한다.

4. 적용사례(폐천)의 복원을 위한 생태평가체계

본 연구에서는 선행연구결과를 응용하여 폐천의 복원과 정에서 요구되는 생태적 접근수준에 따라 질적 평가지표로서 대상지의 보전·복원가치를 평가할 수 있는 기법을 구상하였다. 폐천의 생태적 특징을 가장 잘 대표할 수 있는 생물적 요인으로 생물종(저서대형무척추동물과 어류)과 물리적 환경요인으로서 서식처를 평가항목으로 설정하였고, 대상지의 보전·복원가치의 평가를 위한 질적 생태지표로서 생물종의 회귀도와 식생자연도, 수질등급, 서식처의 질 등 서식처 상태를 기준으로 하였다(표 6).

폐천의 생태적 복원가치의 평가는 해당사업의 구체적 목

표 6. 폐천의 보전·복원가치의 평가를 위한 생태평가지표의 적용모형

평가지표	평가방법	평가기준		평가방법		보전등급	
		공간적	시간적	범주	점수		
생물종	희귀도			일반종 (A)	1	5 등급	
				일반종 (B)	2		
				감소추세종	4		
				보호종	8		
				멸종위기종	16		
서식처 상태	식생 자연도	-대조하천 -서식처 규모	-교란이전	절대하천식생	1	5 등급	
				임의하천식생	2		
				임의식생	3		
				임의육상식생	4		
				절대육상식생	5		
	수질등급				BOD 기준		5 등급
					자연		
서식처 질				반자연		5 등급	
				인공			

표나 기준의 수립을 위해 핵심적으로 요구되는 질적 평가과정으로서 생물종의 희귀도와 서식처 상태를 평가지표로 하여 공간적으로는 대조하천과 서식처 규모를 기준으로 비교·평가하도록 한다.

생물종의 경우 어류와 담수 무척추동물을 기준으로 평가하며, 출현종에 대해 희귀도에 따라 부여된 점수를 기준으로 총점을 계산한 다음 전체 출현종수로 나누어 희귀도 지수를 산출한다(표 6). 희귀도 지수(대략적 범위 1.0-1.5)는 5등급으로 나누어 조성수준을 부여하되 종풍부도를 고려하

여 판정한다. 서식처 상태는 식생자 연도와 수질등급, 서식처 질을 각각 평가한 후 이들의 조합을 통해 조성수준을 판정한다.

과거 국내 어류조사는 해당수계 및 하천의 어류분포 현황 파악을 중심으로 이루어져 왔기 때문에 유량산정 시 기초자료로 활용하거나 작간접적인 교란요인으로 변화하는 생물상 변화 원인을 분석하는 자료로 활용하기에는 자료의 객관성이 결여되어 있다. 어류 생태 조사를 위한 모니터링은 사전조사, 현장조사, 조사결과정리, 고찰 등의 4가지 과정을

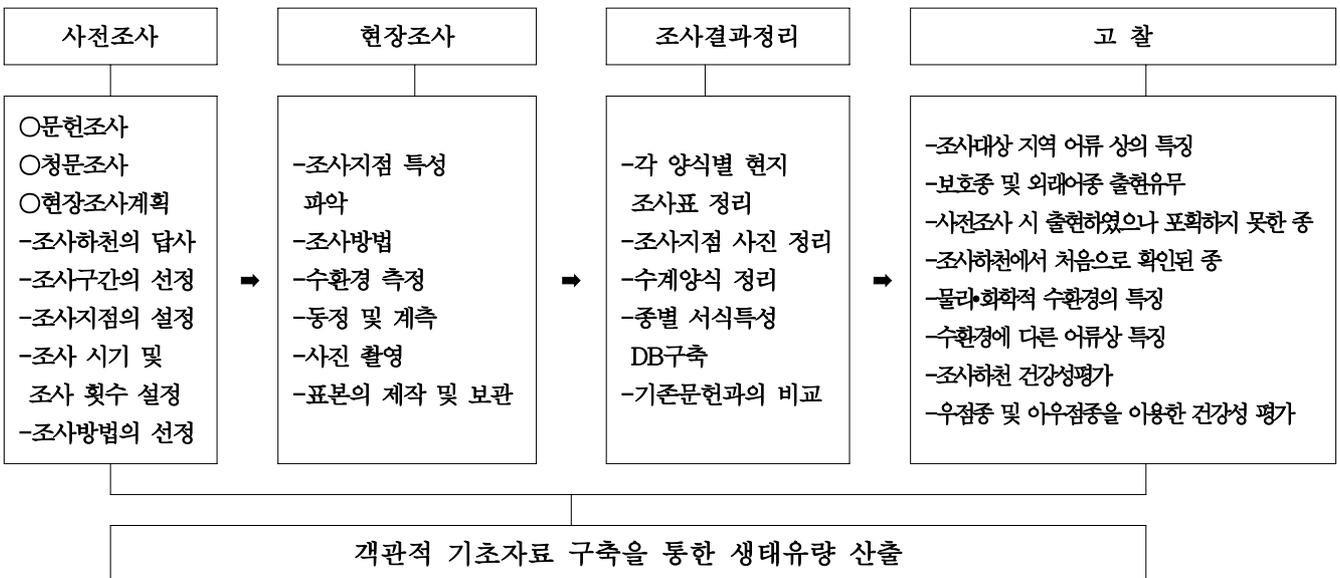


그림 1. 어류모니터링 순서

기본으로 한다(그림 1).

현장조사는 사전조사를 참고로 어류상을 비롯한 세부적인 서식환경을 기록하여 자료분석에 적극 활용할 수 있도록 한다. 현장 답사를 통해 촬영한 지점 사진 및 평면도에 조사 내용을 기록하여 조사 지점별 출현어종 및 유숙, 수심 등을 기록한다. 현지조사표에 여울 및 소 등의 경계를 기입하고 보와 같은 수리구조물의 존재 유무를 기록한다. 어류의 산란 및 서식처로 이용되는 수변부 식생 및 인공 구조물에 대하여 기록한다. 어류조사 실시 전 물리적 수환경은 줄자, 함척 등을 이용하여 측정하고 현지 조사표에 기록한다. 어

류조사는 수심 및 유속 등의 수환경에 따라 조사방법을 선택해 준다. 일반적으로 수심이 얇아 도보로 이동이 가능한 지역(Wadable site)은 투망, 족대 등의 도구를 사용하여, 수심이 깊은 지역(Non-Wadable site)은 삼각망과 자망을 이용하여 조사를 실시한다.

이는 다양한 종의 서식을 위해서는 다양한 수환경이 제공되어야 한다는 것을 의미한다. 국내 하천은 노년기 평형 하천으로 많은 하천들이 사행하천의 특성을 보이고 있다. 이런 형태의 하천은 여울과 소를 형성하여 다양한 수심 및 유속을 제공하여 다양한 부유성 어종 및 저서성 어종 등

표 7-1. 수변조사의 생물조사 자료를 이용한 하천환경평가법 평가기준 양식

평가항목 (배점)	지표 (배점)	생물군 (배점)	배점 기준 혹은 지표종	점수			
생물학적 수질 (50점)	수질 (50점)	저서동물(50)	ESB 지수	81 이상	50점		
				61 이상	40점		
				41 이상	30점		
				26 이상	20점		
				13 이상	10점		
			13 미만	0점			
		종다양성 (50점)	종류수 (30점)	저서동물 (5점)	종수	60종 이상	5점
						20종 이상	3점
						20종 미만	0점
					어류 (5점)	종수	20종 이상
	10종 이상					3점	
	10종 미만			0점			
식물 (10점)	종수			160종 이상	10점		
				120종 이상	7점		
				80종 이상	3점		
				80종 미만	0점		
	조류 (5점)	종수	20종 이상	5점			
		10종 이상	3점				
		10종 미만	0점				
양서·파충류 (5점)		종수	11종 이상	5점			
			6종 이상	3점			
	6종 미만	0점					
다양도지수 (20점)		저서동물 (5)	샤논 지수	6.0이상	5점		
				3.0이상	3점		
				3.0미만	0점		
			어류 (5점)	샤논 지수	2.0 이상	5점	
					1.0 이상	3점	
			1.0 미만	0점			
		조류 (5)	샤논 지수	2.0 이상	5점		
				1.0 이상	3점		
				1.0 미만	0점		
		양서·파충류 (5)	샤논 지수	2.0 이상	5점		
	1.0 이상		3점				
	1.0 미만		0점				

표 7-2. 수변조사의 생물조사 자료를 이용한 하천환경평가법 평가기준 양식

생태계 구조 (50점)	상위성 (20점)	어류 (10점)	어식성 어류 개체수 비율	5~12%	10점
				0~5% 미만 혹은 12~17% 미만	5점
				17%이상	0점
		조류 (10점)	어식성 조류 또는 맹금류	8종 이상 또는 40마리 이상	10점
				4종 이상 또는 10마리 이상	5점
				4종 미만 또는 10마리 미만	0점
	희귀성 (20점)	저서동물 (4점)	희귀중수	멸종위기종, 천연기념물, 보호종,	각2점 최고4점
		어류 (4점)	희귀중수	멸종위기종, 천연기념물, 보호종	각2점 최고4점
		식물 (4점)	희귀중수	멸종위기종, 천연기념물, 보호종	각2점 최고4점
		조류 (4점)	희귀중수	멸종위기종, 천연기념물, 보호종	각2점 최고4점
		양서·파충류 (4점)	희귀중수	멸종위기종, 천연기념물, 보호종	각2점 최고4점
	우수성 (20점)	어류 (10점)	이동성(5점)	회유성어류	각2점 최고5점
			우수환경지표성(5점)	산천어, 버들개, 버들치, 금강모치, 자가사리, 통가리, 어름치	각2점 최고5점
		식물 (5점)	우수환경지표성	물봉선, 노란물봉선, 나사말, 오리나무, 대가래, 꽃창포	각2점 최고5점
			번식가능종	덤불해오라기, 물총새, 꼬마물떼새, 쇠뿔부기사촌, 개개비	각2점 최고5점
	교란성(-10점)	어류 (-3점)	외래교란종	블루길, 베스	각 -1.5점
				20% 미만	0점
		식물 (-4점)	외래종 비율	20% 이상	-2점
				25% 이상	-4점
	양서·파충류 (-3점)	외래교란종	황소개구리, 붉은귀거북	각 -1.5점	
하상 환경 (10점)	자갈·바위 (4점)	저서동물 (2점)	민하루살이, 네점하루살이, 나비날도래	각1점 최고2점	
		어류 (2점)	감돌고기, 금강모치, 종개, 열목어, 밀어, 왜매치, 돌마자, 참종개	각1점 최고2점	
	모래·진흙 (4점)	저서동물 (2점)	멧모기과, 황나각다귀	각1점 최고2점	
		어류 (2점)	모래무지, 미꾸리, 미꾸라지, 드렁허리, 기름종개, 다목장어, 메기, 가물치	각1점 최고2점	
	낙엽·낙지 (2점)	저서동물 (2점)	진강도래, 띠무늬우묵날도래, 무늬하루살이	각1점 최고2점	
	수역 환경 (20점)	소 (4점)	어류 (4점)	갈겨니, 돌고기, 잉어, 동사리, 격지, 얼룩동사리	각1점 최고4점
		급여울 (3점)	어류 (3점)	피라미, 갈겨니, 종개, 산천어, 쉬리	각1점 최고3점
		평여울 (3점)	어류 (3점)	끄리, 참마자, 산천어, 돌마자, 중고기, 누치, 밀어	각1점 최고3점
		정수역 (8점)	저서동물 (2점)	물자라, 밀잠자리, 소금쟁이	각1점 최고2점
			어류 (2점)	붕어, 돌마자, 납자루, 각시붕어	각1점 최고2점
식물 (2점)			검정말, 매자기, 마름, 흑삼릉, 가래, 이삭물수세미, 노랑어리연꽃	각1점 최고2점	
부수로(2점)		조류 (2점)	쇠뿔부기사촌, 쇠물닭, 덩불해오라기	각1점 최고2점	
	저서생물(2점)	별날도래, 네모집날도래, 우묵날도래	각1점 최고2점		
육역환경 (20점)	수제부 (8점)	저서동물 (2점)	장구애비, 방울실잠자리, 검은물잠자리	각1점 최고2점	
		식물 (2점)	갈대, 줄, 개구리자리, 물칭개나무	각1점 최고2점	
		조류 (2점)	붉은머리오목눈이, 개개비, 덩불해오라기, 개개비사촌	각1점 최고2점	
		양서·파충류 (2점)	아무르산개구리, 도롱뇽, 자라, 두꺼비	각1점 최고2점	
	사주 (나지포함) (4점)	식물 (2점)	달뿌리풀, 갯버들	각1점 최고2점	
		조류 (2점)	꼬마물떼새, 흰목물떼새, 갑작도요, 알락할미새, 노랑할미새, 검은등할미새, 백할미새	각1점 최고2점	
	웅덩이(2점)	저서생물(2점)	쇠측범잠자리, 베치레잠자리, 송장해엄치개.	각1점 최고2점	
	하안림 (4점)	조류 (2점)	청호반새, 호반새, 물총새	각1점 최고2점	
		식물 (2점)	오리나무, 신나무, 팽나무, 버드나무, 물푸레나무	각1점 최고2점	
	암석지 (2점)	식물 (2점)	사위질빵, 짚레꽃, 돌단풍	각1점 최고2점	

표 8. 어류 평가법의 배점 기준(조정안)

항목		총점	지수범위		배점
생물 다양성	종류수	30	20이상		30
			10이상 - 20미만		20
	종다양도	30	10미만		10
			2이상		30
			1이상 - 2미만		20
			1미만		10
균등도	25	0.8이상		25	
		0.6이상 - 0.8미만		20	
풍부도	25	0.6미만		15	
		3이상		25	
		2이상 - 3미만		20	
생태계 안정성	상위성	10	2미만		15
			5~12%		10
			0~5% 미만 혹은 12~17% 미만		7
	희귀성	10	17%이상		3
			3이상		10
	이동성	10	1이상 - 3미만		5
			0		0
			3이상		10
	우수성	10	1이상 - 3미만		5
			0		0
3이상				10	
교란율	-20	위해중	2중 이상	-15	
		도입중	1중	-10	
서식처 다양성	종출현빈도	10	1중	-5	
			0		0
			40이상		10
	자갈, 바위	10	20이상 - 40미만		7
			20미만		3
			>5		10
			4		8
			3		6
			2		4
			1		2
0		0			
모래, 진흙	10	>5		10	
		4		8	
		3		6	
		2		4	
		1		2	
		0		0	
		>5		10	
소	10	4		8	
		3		6	
		2		4	
		1		2	
		0		0	
		>5		10	
		4		8	
급여율	10	3		6	
		2		4	
		1		2	
		0		0	
		>5		10	
		4		8	
		3		6	
평여율	10	2		4	
		1		2	
		0		0	
		>5		10	
		4		8	
		3		6	
		2		4	
정수역	10	1		2	
		0		0	
		>5		10	
		4		8	
		3		6	
		2		4	
		1		2	
0		0			
총점			200		

표 9. 달천 조사지구의 하천환경평가 종합표

평가 항목	조사지구		
	1 (하류)	2 (중류)	3 (상류)
생물학적 수질	40	30	50
종다양성	26.5+a	25.5	29.5
생태계 구조	19	12	20
서식처 다양성	25++a	17+a	21+a
합계	110.5+a	84.5+a	120.5+a

수심 및 유속에 민감하게 반응하는 종의 서식을 가능하게 한다. 갈수기에 해당하는 4-6월이 어류의 산란기가 집중되

는 시기이나 효율적인 용수공급을 위한 유량조절로 인해 어류의 산란에 영향을 끼치고 이에 따라 종 다양도 및 개체 수가 감소하여 하천 내 소수가 서식하는 특정 종은 절멸하는 상황을 낳기도 한다.

결론

습지 관련 제반 업무의 목표가 잘 성취되고 있는가를 평가하기 위하여 자료를 제공하여 database를 구축하는 것 외에도 모니터링은 습지복원사업의 장기적 관리와 훼손된 습

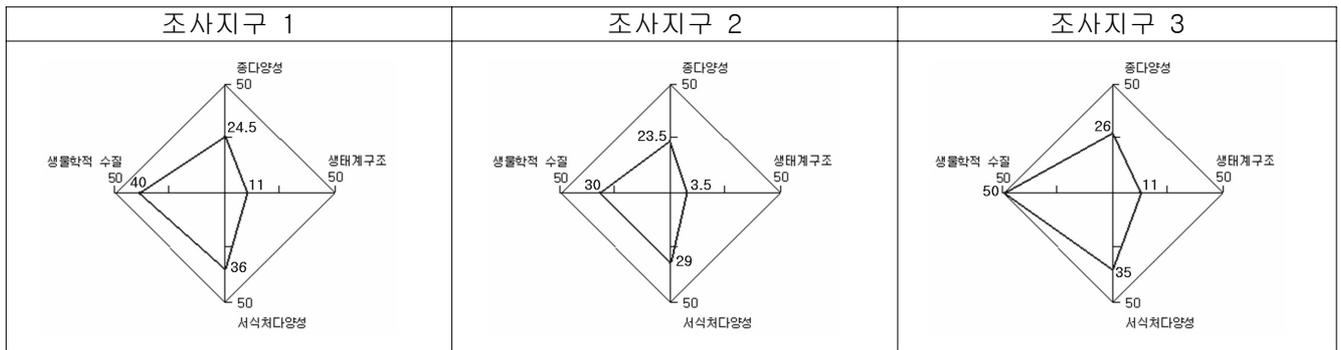


그림 2. 하천환경평가의 항목별 점수

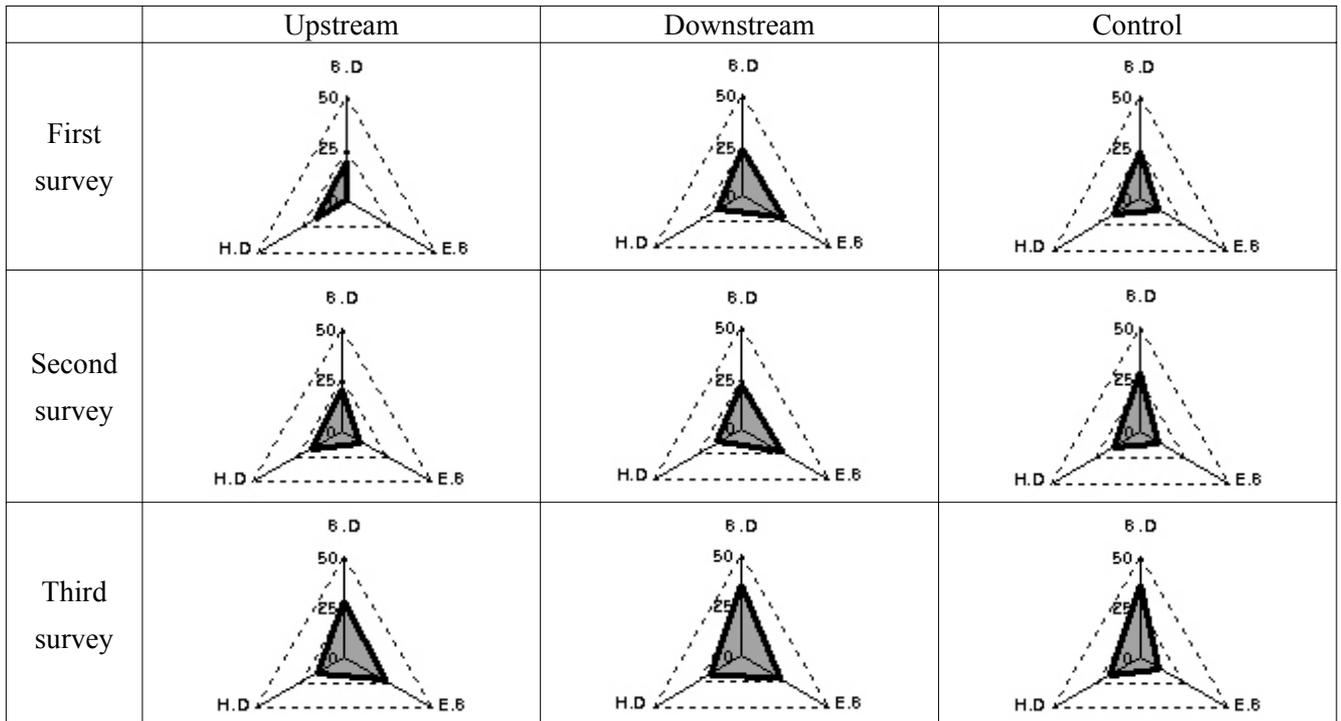


그림 3. 어류분야의 항목만 적용하여 실시한 변형된 평가안에 따른 점수

지의 복원을 위해서도 필요하다. 장기 유지관리는 습지의 기능이 잘 유지되고, 인간의 간섭과 영향을 최소화하기 위하여 필요하다. 수위조절 구조물(수문)과 같은 기존 시설물의 유지 태우고 깎고 또는 관리함으로서 특정의 바람직한 식물군집의 유지, 외래종이나 과도한 퇴적물 퇴적과 같은 문제의 표출, 구조적인 실패와 같은 예기치 못한 사건의 표출 등의 장기 유지관리의 필요성이 있다. 장기적인 유지관리는 주변경관의 변화에 대해 보상적인 필요가 있다. 대다수 주변의 토지이용, 수문특성, 또는 소유역권의 다른 특질은 시간에 따라 변하고, 사업대상지에 영향을 줄 수 있다. 그러나 습지에 인접하여 다른 시설물이나 토지 이용이 일어난다면 사업대상지가 변화된 경관으로 어떻게 적응할 것인가를 재평가해야 하며, 목표가 관리방향이 변화할 필요가

있는지 검토해야 한다. 장기적 유지관리의 전체적인 목표는 유역경관의 맥락에서 습지의 최대 기능과 가치를 제공하고 인간에 의한 최소한의 간섭을 필요로 한다.

지구를 하나의 생명체로 볼 수 있다는 이론을 어느 학자의 의식을 염두에 둔다면 지구는 항상성과 조절기능을 소실하고 있는 가운데 노화현상이 나타나는 생명체다. 살아 있는 습지는 활용 측면에서 효율성이 가장 높은 자연이다. 그 구성체의 일부가 되는 습지의 동·식물은 습지의 주인공이다. 다양한 어류는 습지의 물길 뿐 아니라 습한 곳은 어디든 찾아다닌다. 살아 있는 습지의 주인공인 동·식물과 어류를 있는 그대로 평가하며 확인하는 동안 습지는 인류에게 습지의 자랑거리를 베풀 것이다.