

# 생태계서비스의 회복력 향상을 위한 적응적 생태습지 설계전략

유수진\* · 함은경\*\* · 이정아\*\*\* · 전진형\*\*\*\*

\*고려대학교 일반대학원 환경생태공학과 · \*\*넥서스환경디자인연구원(주) ·  
\*\*\*고려대학교 생명자원연구소 · \*\*\*\*고려대학교 환경생태공학부

## I. 서론

21세기 들어 다양한 인간 활동은 산사태, 도시홍수 등으로 훼손지역과 재해를 증가시키고 있으며, 생태계서비스의 약 60%는 도시 위기로 인해 악화되고 있는 실정이다(MEA, 2003). 이에 따라 훼손된 지역의 생태계서비스를 회복시키기 위해 생태계서비스의 회복력을 증가시켜야 한다는 주장이 제기되기 시작하였다(Ahern, 2013). '생태계서비스 회복력'이란 사회생태시스템 속에서 예상치 못한 변화에 따라 환경이 입은 훼손에도 불구하고, 사람들이 기대하는 생태계서비스의 효과가 상실되거나 감소되지 않도록 유지하면서 사회생태시스템이 균형적인 체제를 유지할 수 있는 능력을 의미한다(Mc Phearson, 2015). '체제'란 사회생태시스템의 기능과 구조에 따라 독특한 정체성을 형성하는 집합으로 정의되며, 사회생태시스템 속에서 인간이 자연으로부터 서비스를 제공받을 수 있는 토지이용 형태가 장기적으로 유지되는 것을 '안정된 체제'라고 할 수 있다(Mc Phearson, 2015). 한편, 사회생태시스템을 구성하고 있는 다양한 요소들은 복잡하게 변화하는 동태적인 특징이 있기 때문에, 생태계서비스 기능간에 Trade-off 현상이 발생하기도 한다(Mc Phearson, 2015). 생태계서비스 Trade-off는 '생태계서비스와 관련된 정책 및 의사결정 사항에 있어 특정 범주의 생태계서비스 기능은 향상되는 반면, 다른 생태계서비스 기능들은 감소하는 부분간의 불균형 상태'로 정의된다(Ham *et al.*, 2015a). 육상생태계와 수생태계의 전이지대으로써 생태계서비스 가치가 높은 습지의 경우 생태계서비스 Trade-off 현상이 지속될 경우, 안정된 습지 체제의 적응적 수용력이 감소하게 되어, 결과적으로 육상 생태계로 체제전환이 나타나게 된다(Lee *et al.*, 2012). 따라서 습지의 체제를 유지하기 위해서는 대상지의 기능과 구조가 안정적으로 유지되거나, 빠르게 회복할 수 있게 하기 위한 적응적 습지설계전략이 필요하다. 이에 본 연구의 목적은 생태계서비스의 회복력을 증진시키기 위하여 적응적 생태습지 설계전략을 개발하는 것이다. 연구의 세부목적은 첫째, 시스템 사고를 통해 습지 생태계서비스

의 Trade-off 관계를 분석하는 것이다. 둘째, 습지 생태계서비스 회복력을 향상시키기 위해 적응적 생태습지 설계 전략을 개발하는 것이다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상지

본 연구의 대상지는 경상남도 밀양시 내일동 아북산 근린공원에 위치한 광산절개지이다. 아북산 근린공원은 1936년부터 광산이 개발되었던 지역으로, 1997년 근린공원 조성이후 현재까지 지형이 훼손되어 깊이 약 6.72m의 구덩이가 분지형태로 방치되어 있다. 방치된 광산 절개지의 생태계는 강우시에는 우수를 집수하고, 평상시에는 자연형 초지로 남아있는 건습지의 형태를 띠고 있지만, 최근에는 건조성 식생들이 증가하고 있어 육화가 진행 중인 것으로 나타났다(Ham *et al.*, 2015b). 특히 생물다양성 증진, 우수를 활용한 효율적인 수자원 관리, 주민 여가생활 함양을 통한 삶의 질 향상 등 생태, 경제, 문화적 측면에서 종합하였을 때 광산절개지는 육상생태계로 체제전환을 유도하는 것보다 습지체제를 유지할 필요가 있으며, 사회생태시스템을 고려한 적응적 생태습지 설계전략은 습지체제를 안정적으로 유지하는데 기여할 수 있을 것이다.

### 2. 연구방법

본 연구에서는 장기적인 측면에서 습지 사회생태시스템의 생태적, 경제적, 문화적 측면에서의 피드백 구조와 인과순환 구조에 대한 고찰을 위해 시스템 사고를 활용한 연구를 수행하였다. 시스템사고를 도식화한 인과지도를 작성하여 습지를 구성하고 있는 수체, 토양, 식생별 생태계서비스의 동태성을 파악하고, 생태계서비스 Trade-off 현상을 예측하여 전략지점을 선정하고, 적응적 생태습지 설계 전략을 도출하였다.

본 연구는 고려대학교 특별연구비에 의하여 수행(Supported by a Korea University Grant)되었습니다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 습지 수체

광산절개지 습지에 일정한 수량을 유지하였을 때 생태계서비스 Trade-off 관계를 예측하였다. 인과지도 작성결과 습지 수체는 공급·문화서비스-조절서비스 간의 Trade-off 관계가 나타났다. Trade-off 현상을 감소시키기 위한 적응적 생태설계 전략 지점은 “토양퇴적”으로 선정하였으며, 문제해결을 위한 설계 전략으로써 수순환 체계를 도입하였다. 우수의 흐름을 조절할 수 있도록 잔디수로, 빗물저류지, 건습지, 계류습지로 구성된 여과지를 조성하는 전략에 따라 인과지도 재분석결과, 상류의 유속을 조절해 줄으로써 하류의 토양이 퇴적되는 현상을 감소시킬 수 있으며(France, 2003), 자연경관을 향상시켜주어 문화서비스까지 향상시켜줄 것으로 판단된다.

#### 2. 습지 토양

습지 토양의 생태계서비스 Trade-off 관계에 대한 인과지도 작성한 결과, 습지 토양 방치로 인한 토양의 혐기화가 수질정화 기능을 감소시키는 현상에 따라 조절서비스-지원서비스 간에 불균형이 예상되었다. 따라서 전략지점은 “혐기성 토양”으로 선정하였으며, 우수관 설치를 통해 10~20cm의 수위(Choi, 2010)를 유지하는 것을 설계전략으로 도출하였다. 이 설계 방법은 적정 수심을 유지해 줄 뿐만 아니라, 유입수량을 조절하여 대기 중의 산소를 공급해주어(Choi, 2010) 토양의 혐기화를 방지해 줄 것으로 기대된다.

#### 3. 습지와 주변부 식생

습지와 주변부 식생 부분에서 생태계서비스 Trade-off 관계에 대한 인과지도 작성한 결과, 습지 식재로부터 제공받는 공급서비스는 수경관 향상 및 심미성 증진을 통해 문화서비스를 제공하는 것으로 분석되었다. 그러나 시간의 흐름에 따라 식생이 초기 활착에 실패하거나, 일정 시간이 경과하면서 발생한 사체가 토양층에 퇴적물로 축적되어 수질정화 및 안정화에 실패하여 조절서비스를 저하시킨다. 즉, 공급·문화서비스-조절서비스 간의 Trade-off 현상이 나타나며, 수질정화 기능을 향상시키기 위해 “식물 고사에 의한 사체”를 전략지점으로 도출하였다. 이에 따라 식물 사체의 퇴적으로 인한 수질 문제를 해결할 수 있는 습지 설계전략으로 초기 식생 고사율을 줄일 수 있는 개나리, 잣

나무, 은사시 나무 등 자생종식재 전략 및 갈대, 애기부들, 달뿌리풀 등의 수질 정화식물(Kim *et al.*, 2011) 식재를 제안하였다.

### IV. 결론

본 연구는 밀양 아북산 근린공원 광산절개지에 습지의 생태계서비스 회복력을 향상시키고, 안정적인 체제를 유지시키기 위해 적응적 생태습지 설계전략을 도출하였다. 본 연구는 시스템 사고를 통해 습지 수체, 토양, 식생에 대한 생태 시스템의 구조를 파악하였으며, 습지 설계로 인한 생태계서비스 Trade-off 현상을 고찰함으로써 장기적인 측면에서 습지 체제 유지를 위한 설계 전략을 도출하였는데 의의가 있다. 이러한 적응적 생태습지 설계전략은 대상지의 안정적인 체제를 장기적으로 유지관리할 수 있는 대안까지 제시함으로써 생태계서비스 회복력을 향상시켜줄 수 있으며, 생태계서비스 회복력 저하로 인해 발생하는 다양한 환경문제에 대한 추가 유지관리비용을 절감하는데 기여할 수 있을 것이다.

#### 참고문헌

- Ahern, J.(2013) Urban landscape sustainability and resilience: The promise and challenges of integrating ecology with urban planning and design. *Landscape Ecology* 28(6): 1203-1212.
- Choi, D. H.(2010) Study on Improvement of Water Quality in Constructed Wetland Based on Various Mechanisms. Ph. D. Dissertation University of Chungnam.
- Eraydin, A. and T. K. Tuna(2013) Resilience Thinking in Urban Planning New York: Springer.
- France, R.(2003) Wetland Design. London: W.W. Norton.
- Ham, E. K., K. H. Song, J. Chon and D. G. Cho(2015b) Design strategies for ecological restoration using system dynamics: Focused on 2015 Miryang-si Jayeon Madang development project. *J. KILA* 43(6): 86-97.
- Ham, E. K., M. Kim and J. Chon(2015a) An analysis of ecosystem service's trade-off through systems thinking. *Korean System Dynamics Review* 16(2): 77-102.
- Kim, C. H., Y. E. Choi, J. W. Kim, H. Myung and S. I. Lee(2011) 3-year change of vegetation and life form at the man-made wetland in Sinpyeoncheon city. *Kor. J. Env. Eco.* 25(1): 57-64.
- Lee, S. D., S. H. Kim and J. S. Kim(2012) Analysis actual conditions of arid progress and prevention management of Hwaeom wetland in Yangsansi. *Kor. J. Env. Eco.* 26(4): 498-511.
- Mc Phearson, T., A. Erik, E. Thomas and F. Niki(2015) Resilience of and through urban ecosystem services. *Ecosystem Services* 12: 152-156.
- MEA(2003) Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment. Washington: Island Press.
- Song, K. and H. O. Kang(2005) Nutrient removal efficiencies in marsh- and pond- type wetland microcosms. *J. Kor. Wetlands Society* 7(4): 43-50.