Ecology and Resilient Infrastructure (2019) 6(1): 69-76
https://doi.org/10.17820/eri.2019.6.1.069

http://www.kseie.or.kr/
Online ISSN: 2288-8527

REVIEW ARTICLE

응용생태공학에서 생태계서비스의 개념틀과 평가체제의 도입과 활용

Introduction and Application of Conceptual Framework and Assessment of Ecosystem Services in Applied Ecological Engineering

주우영[1] · 안소은[2] · 주진철[3] · 조동길[4] · 반권수[5] · 정진호[6] · 현경학[7]*

[1]국립생태원 융합연구실, [2]한국환경정책·평가연구원 지속가능전략연구본부, [3]한밭대학교 건설환경공학과,
[4]넥서스환경디자인연구원, [5]한국수자원공사 물환경처, [6]고려대학교 환경생태공학부, [7]연세대학교 건설환경공학과

Wooyeong Joo[1], SoEun Ahn[2], Jin Chul Joo[3], Dong-Gil Cho[4], Gwon Soo Bahn[5], Jinho Jung[6] and Kyoung Hak Hyun[7]*

[1]National Institute of Ecology, Seocheon 33657, Republic of Korea
[2]Korea Environment Institute, Sejong 30147, Republic of Korea
[3]Department of Civil and Environmental Engineering, Hanbat National University, Daejeon 34158, Republic of Korea
[4]Nexus Environmental Design Co., Uiwang 16006, Republic of Korea
[5]K-water, Water Environmental Management Department, Daejeon 34350, Republic of Korea
[6]Department of Environmental Science and Ecological Engineering, Korea University, Seoul 20841, Republic of Korea
[7]Department of Civil & Environmental Engineering, Yonsei University, Seoul 03722, Republic of Korea

Received 14 March 2019, revised 19 March 2019, accepted 19 March 2019, published online 31 March 2019

ABSTRACT: Ecosystem services are contributing to human welfare by enabling us to maintain our survival and quality of life. A metod of quantifying ecological functions is needed. We discussed the introduction and applications of ecosystem services to applied ecological engineering. The concept and assessment system of ecosystem services were applied to the economic valuation of river, the construction of blue-green-white network in urban area, ecological restoration, and integrated water management in Korea. The conceptual framework and assessment of ecosystem services can be used to promote value of ecological protection and restoration, helping stakeholders understand the benefits of ecosystems and increasing applications of the applied ecological engineering.

KEYWORDS: Blue-green-white network, Ecological engineering, Ecological restoration, Ecosystem service, Integrated water management

요 약: 생태계는 우리의 생존과 삶의 질을 유지할 수 있게 하여 인간 복지에 직, 간접적으로 기여하고 있다. 그래서 생태적 기능의 계량화 방법이 필요하다. 본 연구에서는 응용생태공학에 생태계서비스를 도입하고 적용하는 것에 대하여 논의하였다. 하천의 경제적 가치, 도시 블루–그린–화이트 네트워크 구축, 생태복원 및 통합 물관리에 생태계서비스 개념 및 평가체계를 적용할 수 있는 방안을 모색하였다. 생태계서비스 개념 틀과 평가는 이해해당사자의 생태계 혜택 이해에 도움을 주고 응용생태공학 적용을 증가시켜 생태적 보호와 복원 가치의 증진에 이용될 수 있다.

핵심어: 블루–그린–화이트 네트워크, 생태공학, 생태복원, 생태계서비스, 통합 물 관리

***Corresponding author:** khhyun85@naver.com, ORCID 0000-0002-5264-0443

ⓒ Korean Society of Ecology and Infrastructure Engineering. All rights reserved.
This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서 론

자연 생태계는 생물군집과 물리 환경 사이의 상호작용에 의해 형성된 역동적이고 복잡한 구조 및 기능 단위이다 (Blew 1996). 이러한 생태계의 역동성 및 복잡성은 다양한 생태계의 되먹임 제어와 생물 적응에 의하여 제공되는 탄력회복성에 의하여 유지된다 (Mitsch 2012). 인간은 그동안 자연과 분리되어 있는 것으로 인식하고 자연 생태계를 지속가능하지 않게 이용하고 훼손하여 왔다. 현재 다양한 생태계 및 환경 문제에 직면한 인류는 탄력회복력의 지속가능한 사회를 만들기 위하여 자연의 일부임을 인식하고 자연의 기능에 의하여 제공되는 혜택을 지속가능하게 이용하는 지혜를 가져야 한다.

인간의 비이성적인 활동과 기후변화의 영향으로 우리 지구 생태계는 심각하게 스트레스를 받고 있다 (Pecl et al. 2017). 생물다양성과 생태계의 심각한 훼손은 인류 발전을 제한하고 인간의 생존을 위협하고 있다. 자연생태계 훼손에 따른 자연 기능 저하와 생태환경 문제가 심화되면서 이를 적극적으로 해결하는 대안으로써 생태공학 (Ecological engineering)이 발전하고 있다 (Kim and Lee 2015). 생태공학이란 용어를 제기한 Odum (1962)에 의하면, 자연생태계를 유지하는 주된 에너지는 자연이 제공하지만, 인간이 적은 양의 에너지를 보조하여 환경을 조절하는 것을 생태공학이라고 정의하였다. 이후 생태공학은 자연환경과 인간사회가 공존할 수 있는 방안을 찾아 생태학과 응용공학을 결합하면서 주로 훼손된 생태환경을 복원하거나 새로운 생태환경을 조성하는 분야로 발전하였다 (Mitsch 1998, Mitsch and Jørgensen 2003). 우리나라에서는 2013년에 창립된 응용생태공학회를 중심으로 계획, 설계, 시공 및 유지관리 등 건설의 전 단계에 걸쳐 자연환경 훼손과 오염의 회피, 완화, 복원 및 창조 등의 방법을 동원하여 생태계 건전성을 유지함과 동시에 인간에게는 그로 인한 어메니티를 향상시키는 대안을 마련하고 제공하는 응용생태공학 (Applied ecological engineering)으로 발전하고 있다 (Park et al. 2015).

자연 및 인공 생태계 관리자가 생태공학에 생태계서비스 (Ecosystem services) 개념과 평가틀을 도입한다면 이해당사자에게 생태공학의 이점을 금전적으로 설명하는데 큰 도움을 줄 수 있다 (Yu et al. 2018). 즉 일반인에게 익숙한 용어로 생태계의 가치를 표현할 수 있다면 생태공학에 대한 경제적 지원을 증가시킬 수 있다. 생태계서비스는 인간 복지에 대한 자연 자원의 기여로 정의될 수 있다 (Costanza et al. 2014). 또한 생태계서비스는 인간과 자연 모두에게 서비스와 혜택을 제공하여 생태계 과정을 유지하는 자연 자본으로 이해할 수도 있다 (Alexander et al. 2016). 이러한 생태계서비스를 몇가지 유형으로 분류하고, 그 분류 유형에 따라 평가항목을 설정하고 생태계서비스를 정량화할 수 있게 되었다 (MEA 2005). 실제로 생태공학에서는 생태계서비스의 가치뿐만 아니라 생태계서비스 제공에 소요되는 비용도 동시에 평가되어야 한다 (Wegner and Pascual 2011).

응용생태공학회에서는 "생태계서비스 증진을 위한 응용생태공학의 역할"이라는 주제의 응용생태공학 포럼(2019년 1월)에서 생태계서비스의 개념과 평가체계를 통해 의사결정 과정을 지원하고 지속가능한 발전을 증진시키기 위한 방안을 논의하였다. 본 논문에서는 포럼에서 논의한 생태계서비스의 개념틀과 평가체계를 살펴보고, 이것을 응용생태공학에 적용하는 방안을 모색하고자 한다.

2. 생태계서비스의 분류와 평가 체계

2.1 생태계서비스의 분류

자연이 제공하는 생태계서비스는 우리 삶의 질과 복지를 향상시켜왔다. 생태계서비스는 1) 식량, 목재, 물 등을 제공하는 공급 서비스, 2) 온실가스 흡수, 대기·수질오염 저감 등의 조절 서비스, 3) 경관, 휴양, 자연유산 등의 문화 서비스, 그리고 4) 앞의 3가지 서비스의 기반이 되는 중간 서비스로서 물질순환, 토양생성, 서식지 제공 등의 지지 서비스로 나뉜다 (MEA 2005, TEEB 2010). 전지구적 산업화에 따라서 기후변화, 무분별한 개발, 외래종 침입 등이 심화되면서 생태계와 생물다양성의 양과 질이 저하되어 생태계서비스가 급속히 감소되고 있다 (MEA 2005, CBD 2014, IPBES 2018). 이에 따라 각국에서는 생태계서비스의 가치를 정책과 제도에 도입하려고 노력하고 있다. 2005년 새천년보고서 이후 영국과 유럽을 중심으로 생태계서비스에 대한 제도를 도입하였다 (MEA 2005, EU 2011, UK NEA 2011). 최근에는 중국과 일본에서 국가 차원에서 생태계서비스를 체계적으로 평가하여 자연환경 정책 수립의 기초 자료로 이용하고 있다 (NCB-ME 2016, Ouyang et al. 2016).

2.2 우리나라의 생태계서비스 평가 체계

최근 국내에서는 생태계서비스 평가가 단편적으로 추진되어 체계적인 생태계서비스 가치 추정 연구는 미흡한 수준이다. 이는 Fig. 1에서 보듯이 국가 생태계서비스 평가 개념 틀을 구성하는 등의 노력으로 이어졌으며, 국립생태원은 국가 수준에서 생태계서비스를 평가할 수 있는 가이드라인을 발간하였다 (Joo et al. 2017b). 생태계서비스 혜택을 평가하기 위하여 4개 유형, 16개 항목, 23개 지표를 도출하고 각 지표별로 시장가격, 대체비용 및 여행비용 등 경제적 가치를 추정하였다. 또한 생태계서비스 추정량의 공간적 분포를 위하여 지자체 단위의 생태계서비스 평가 지도화 방안을 구축하여 12개 지역에 대하여 시범 적용하였다 (Kwon et al. 2017). 핵심 생태계인 습지보호지역에 대해 생태계서비스 측정법을 마련하고 생태계서비스 지수를 설계하여 자연환경 정책수립을 위한 수단으로 제공할 계획이다.

유엔 지속가능발전목표 15.9와 생물다양성협약의 아이치목표 2에서는 2020년까지 생물다양성과 생태계서비스의 가치를 국가와 지역 개발계획에 적용하도록 명시하고 있다 (UN 2015, CBD 2010). 이에 국내에서도 제3, 4차 국가생물다양성전략, 제3차 지속가능발전 기본계획, 제4차 국가환경종합계획, 제3차 자연환경보전계획에서 생태가치 또는 자연혜택의 현명한 이용 등으로 생태계서비스의 평가와 가치 증진을 명시하고 있으나, 통합적이고 체계적인 추진 체계 구축과 구체적인 방안의 도입은 미흡한 형편이다. 환경부는 2017년 '국가 생태계서비스 전략 및 추진계획'에서 4개 핵심전략, 14개 정책과제를 통해 생태계서비스 평가 체계를 수립하고 생태계서비스 지불제 (Payment for ecosystem services) 등으로 생태계서비스의 가치를 보전하고 증진하려는 정책을 추진하고 있다 (Joo et al. 2017a). 특히 생태계서비스 지불제는 보호지역과 그 주변 주민에 대한 규제 중심에서 벗어나 생태계 보전과 증진에 대한 보상 패러다임의 대전환이라는 측면에서 의의가 크다. 향후 주기적인 생태계서비스 평가는 자연환경 보전 정책의 목표 수립에 기여하고 생태계서비스 지불제, 자연자원총량제 등의 다양한 정책수단을 도입할 수 있는 근거가 되어 지속가능한 국토환경 조성에 기여할 것이다.

3. 응용생태공학 분야 생태계서비스의 적용

3.1 하천 생태계서비스의 경제적 가치 추정

주요 사회기반시설의 하나인 하천을 친환경적으로 관리하고 생태적으로 건강하게 복원하기 위해서는 하천의 생태계서비스의 가치를 정량적으로 평가할 필요가 있다. 생태계서비스는 시장에서 거래되지 않는 공공

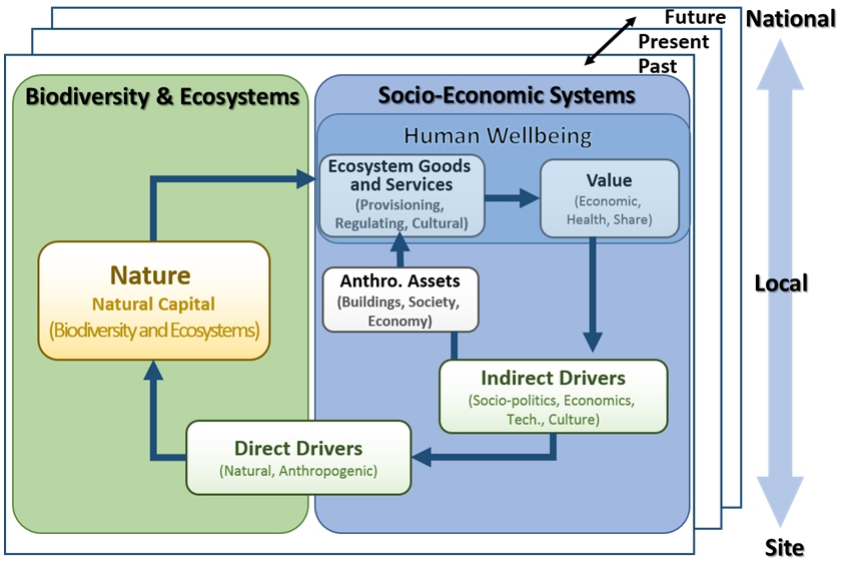

Fig. 1. Conceptual Framework of national assessment system in South Korea (modified from Joo et al. 2017b).

Table 1. Aggregated value of freshwater ecosystem services in five major watersheds, South Korea (Ahn and Kim 2016)

River system	Ecosystem service (Million Korean Won/year; 2010=100)					
	Water quantity regulation		Water purification		Natural disaster prevention	
	Mean	Range (Min.~Max.)	Mean	Range (Min.~Max.)	Mean	Range (Min.~Max.)
Han	261,056	14,930-16,919	213,794	46,776-517,493	126,266	12,728-448,034
Nakdong	142,712	8,162-337,253	116,875	25,571-282,899	69,026	6,958-244,928
Geum	60,823	3,479-143,735	49,812	10,898-120,570	29,419	2,965-104,387
Seomjin	12,163	696-28,744	9,961	2,179-24,112	5,883	593-20,875
Yeongsan	24,462	1,399-57,808	20,033	4,383-48,491	11,832	1,193-41,983
Total	501,216	-	410,475	-	242,426	-

Note: Values are adjusted to 2010 prices using Consumer Price Index (CPI)

재이기 때문에 시장에서 형성되는 객관적 가치라 할 수 있는 가격을 관찰할 수 없다. 따라서 생태계서비스의 가치는 환경가치 추정기법을 활용하여 측정하는 것이 일반인데, 접근법에 따라 수요 측면의 가치와 공급 측면의 가치로 구분할 수 있다.

우리나라 5대강 대권역 하천 생태계서비스의 경제가치를 이러한 방법으로 추정하였다 (Ahn and Kim 2016). 수요 측면의 가치는 생태계서비스 수혜자의 지불의사액 (Willingness to pay, WTP)에 근거한 가치를 의미하며 현시선호접근법 또는 진술선호접근법을 적용하여 추정하는 것이 일반적이다 (Ahn and Kim 2016). 환경가치종합정보시스템 (Environmental Valuation Information System, EVIS)으로부터 도출한 생태계서비스의 가구당 단위가치를 활용하여 5대강 대권역의 주요 생태계서비스 가치를 산정하였다 (Ahn and Kim 2016). 우리나라 전국의 하천 생태계가 제공하는 주요 조절서비스 가치(2010년 기준(불변가격))는 물 공급이 5,012억원, 수질정화가 4,104억원 및 홍수조절이 2,424억원으로 추정되었다 (Table 1).

공급측면의 가치는 생태계서비스 공급을 위한 공공부문 투자액, 즉 공급비용을 가치의 대체자료 (Proxy)로 활용하거나, 특정 서비스가 사라졌을 경우 이를 대체 또는 복원하는 데 소요되는 비용을 해당 가치의 대체자료로 사용하는 것이 일반적이다. 5대강 대권역에서 생태계서비스 공급 및 관리에 직·간접적으로 기여하고 있는 정부 부처 지출액 (세출결산액) 분석을 중심으로 공급측면의 가치를 도출하였다 (Ahn and Kim 2016). 2013년 세출결산액을 기준으로 하천 분야 총 투자액은 8조 8천억원이었고, 이 중 공급서비스가 12.9%, 조절서비스가 81.3%, 지지서비스가 0.3%, 문화서비스가 5.3%를 차지하고 있는 것으로 추산되었다 (Ahn and Kim 2016).

생태계서비스의 정량적 평가는 의사결정 맥락에서 이해되어야 한다. 여기서는 하천이 제공하는 주요 생태계서비스의 경제적 가치를 수요 및 공급 측면에서 제시하였다. 수요 측면 즉 지불의사액에 근거한 가치는 인간이 부여한 인간 중심의 가치이다. 따라서 수요측면의 가치는 수혜자부담원칙에 근거한 생태계서비스지불제 설계에 활용될 수 있으며, 공급측면의 가치는 생태계서비스의 공급비용에 근거하므로 생태계 관리정책 설계를 지원할 수 있을 것이다. 또한 수요측면이든 공급측면이든 화폐를 척도로 측정된 가치는 생태적 가치와는 차별화됨에 유의하여야 한다.

3.2 블루–그린–화이트 네트워크 구축

최근에는 블루-그린-화이트 네트워크 (Blue-green-white network)의 도시물순환 시스템을 조성하여 도시민의 삶의 질을 크게 증진시킬 수 있는 다양한 생태계서비스를 제공하고 있다. Fig. 2에서 보듯이 도시 물순환시스템은 도심 내 다양한 요소인 하천-호소-실개천-저류지-습지 등의 연결된 수변공간과 토양, 녹지, 바람, 생태 비오톱 등을 유기적으로 연계한 생태계이다 (Ban 2012). 이러한 도시 생태계는 공급서비스, 조절서비스, 서식지 및 지원서비스, 문화 및 어메니티 서비스를 제공하고 있다. 하지만, 대부분의 도시 물순환시스템은 계획 및 설계 시점에서 생태계서비스 제공의 최적화 및 극대화에 대한 면밀한 검토가 부족한 편이다. 생태학적으로 건전하고 다양한 생물서식처 제공이 어려우며, 친

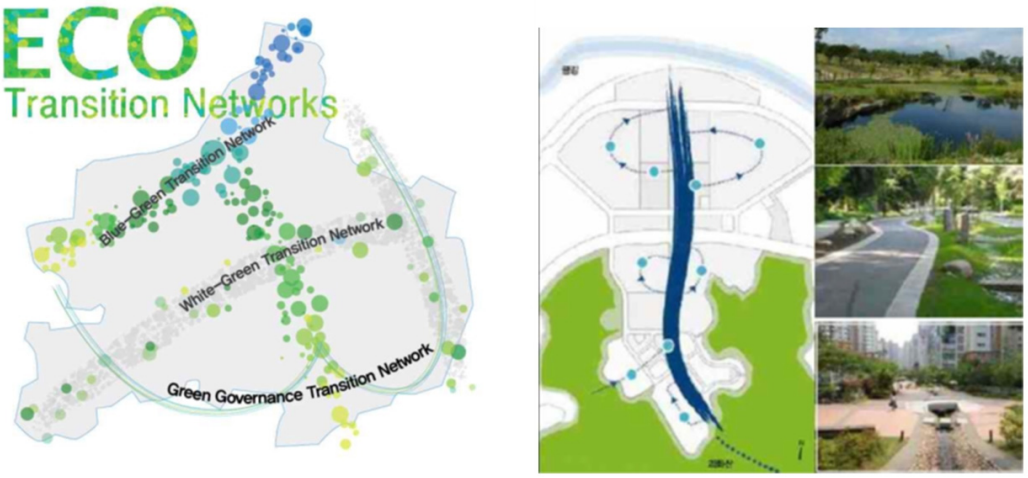

Fig. 2. Schematic diagram of water circulating system in an urban area (Modified from Ban, 2012).

수공간과 자연환경을 유기적으로 연결시키기 보다 유지관리 용이성과 경제성에 초점을 두고 조성되었다.

따라서, 블루-그린-화이트 네트워크 구축에 의한 생태계 서비스 증진을 위해서는 도시 물순환시스템의 구체적인 설계기법과 의사결정절차규약(Decision-making protocol)이 필요하다 (Fig. 3). 즉, 블루-그린-화이트 네트워크 연계 구축이 가능한 입지선정, 형태/크기 결정, 횡적-종적 네트워크가 연계된 수원확보 방안, 물수지 분석, 저면과 호안처리기법, 수질 및 수생태계 관리방안 및 부영양화 평가 등을 종합적으로 고려해야 한다. 이러한 규약에 따라 설계기법별로 정량화된 항목별 수치에 근거하여 각 설계인자의 합이 각 설계기법별로 설정된 최소기준을 통과해야만 블루-그린-화이트 네트워크가 연계된 도시 물순환 시스템 설계 (안) 도출이 가능하다. 이를 근거로 도시 물순환 시스템 생태계서비스 평가와 최적화 모델을 활용하여 지속가능한 도시 물순환 시스템을 구축하는 것이 가능하다.

발생원에서 내리는 소량의 빗물(대개의 경우 20 내지 30 mm 이하)을 토지이용 특성과 토양 자연정화능을 이용하여 식생과 함께 소규모의 자연시설로 개발 이전과 유사한 수문 순환이 이루어지도록 계획, 설계 및 관리하는 자연기반의 해결책(Nature-based solution)이 다기능의 그린인프라이다. 이는 도시 물순환 복원으로 생태계서비스의 다양성과 가치 향상으로 이어진다.

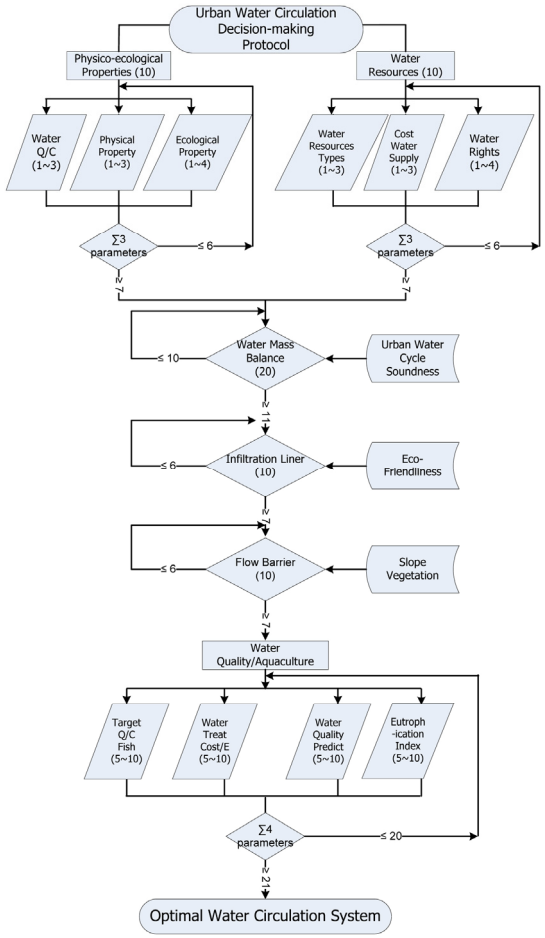

Fig. 3. Decision-making protocol for the construction of urban water-circulating system to increase the ecosystem services in the urban area.

(a) Before restoration after the demolition of residential buildings

(b) After restoration

Fig. 4. Change of landscape after the ecological restoration in an old village of Gunsan city, South Korea.

3.3 생태복원 기술의 적용

생태계서비스를 향상하기 위한 다양한 방법 중에서 가장 필요한 것은 기능이 떨어졌거나 훼손된 생태계를 훼손되기 이전의 상태 혹은 그 이상의 상태로 되돌리는 생태복원이다. 생태복원은 훼손된 생태계의 올바른 진단과 복원 기술의 적용, 그리고 자연 스스로 생태계의 기능을 회복할 수 있도록 도와주는 것이다. 여기에서 생태복원 기술은 전통적 생태 지식 (Traditional ecological knowledge, TEK)과 과학적 생태 지식 (Scientific ecological knowledge, SEK)을 포함한다. Fig. 4는 군산에 위치한 낙후된 취락지를 철거하고 자연생태계를 복원하여 생태계서비스를 증진한 사례이다. 현재 우리나라에서는 생태계 유형과 규모별로 매우 다양한 생태복원 사업이 진행 중이다. 그러나 아직 해결하지 못한 과제가 많다. 첫번째가 생태계 경영이다. 이는 생태계를 훼손되기 이전의 상태로 잘 복원시키는 것도 중요하지만, 체계적이고 지속적으로 관리하여 생태계의 다양한 기능이 영구적으로 구현될 수 있도록 해야 한다는 것이다. 두번째는 균형잡힌 접근이다. 생태복원은 생태, 환경적 측면뿐만 아니라 문화, 경제적 측면 등 다양한 고려요소가 있다. 이러한 고려는 생태계서비스의 다양한 기능과도 일맥상통한다. 지금까지 생태적 측면만을 강조했다면, 앞으로는 사회, 문화적 요소와 함께 경제적 측면도 함께 고려해야 한다는 것이다. 세번째, 원활한 생태복원을 위해 법, 제도적 지원과 공감대 형성이 필요하다. 법, 제도에 의한 체계적 지원을 위해서는 우선 국민의 공감대 형성이 중요하다. 이를 기초로 하여 법과 제도를 체계화하고, 생태복원 분야의 예산을 지속적으로 증가시켜야 한다.

3.4 통합 물관리

2018년 정부의 물관리 일원화 이후에 한국수자원공사 (K-water)는 기존의 수량, 수질 위주의 물관리에서 더 나아가 물관리 혁신과 수생태계서비스 증진을 위한 방향으로 정책을 세우고 있다. 이러한 노력으로 유역 거버넌스 기반의 수평적 물관리, 신규 건설 위주에서 빅데이터, 소프트웨어를 활용한 관리 고도화, 도랑, 소하천 및 지류 등의 윗물 물환경 개선과 상류에서 하구역까지 수생태계 복원, 취수원에서 수도꼭지에 이르는 안심 수돗물 관리 서비스 등을 통해 물복지를 실천하고 있다. 유역의 수생태계 건강성 제고와 생태계서비스 증진을 위해 1) 하천의 종, 횡적 생태축 연결과 자연정화를 위한 댐 홍수터, 하천변 수변생태벨트 연구 및 시범사업, 2) 생태계보전협력금 등을 활용한 유역 중심 수생태 보전·복원 사업 확대, 3) 댐·하구역 수생태 경관자원의 환경적 가치, 수용력을 고려한 생태관광·교육 활성화 증진을 위한 시범사업 등을 추진 중이다. 아울러 향후 이러한 노력을 바탕으로 한국수자원공사가 관리 중인 주요 물 인프라에 대한 수생태계서비스 진단과 증진 효과에 대한 평가도 병행할 계획이다.

4. 결론 및 제안

산업화와 도시화로 인하여 생태계의 다양성과 안정

성이 저하되면 인간의 건강한 삶을 유지하기가 어렵다. 따라서 생태계가 제공하는 서비스의 가치를 평가하고 이를 정책 등에 반영하고자 하는 노력을 체계화할 필요가 있다. 구체적으로, 생태계서비스 분류, 항목의 다양화, 평가의 정량화 방법에 대한 연구가 계속 진행되어야 한다. 주요한 생태계서비스를 제공하는 하천에 대해서는 그 경제적 가치를 평가하여 하천 관련 제도에 반영하는 방안에 대한 접근이 필요하다. 또한, 정부의 통합물관리의 취지를 생태계서비스의 개념과 연계하여 발전시키기 위하여 도랑으로부터 하구에 이르는 물 흐름 전과정에 대한 생태계서비스 평가가 필요하다. 그리고, 블루-그린-화이트 네트워크가 도시의 생태계서비스를 증진하고 지속되기 위해서는 개발 계획단계에서부터 제도적으로 반영되어야 한다. 도시에서 자연적인 빗물 순환 회복을 위한 그린인프라 정책의 제도화는 기후변화 시대 도시 생태계서비스 증진 방안이기도 하다. 다만, 생태계서비스는 생태계가 인간에게 주는 편익으로 생태계 기능의 일부만을 평가한다는 점을 간과해서는 안된다. 특히, 생태계서비스에 포함된 지지서비스는 생태계 고유의 기능으로 경제적인 화폐 가치로 평가되기 어렵다. 따라서, 지지서비스는 생태계서비스가 아닌 생태계 보전 및 복원이라는 측면에서 평가될 필요가 있다.

앞으로 도시화는 기후변화와 맞물려 생태계에 더욱 큰 영향을 미치게 될 것이다. 생태계서비스의 증진 외에도 회복탄력성의 확보와 지속가능성을 위하여 자연에 기반한 해결책을 시스템화하는 노력이 필요하다. 자연이 가지는 정화, 순환 등의 다양한 기능들은 인간의 생활영역(특히, 도시재생, 스마트시티 등)으로 자연스럽게 도입될 것으로 기대된다. 앞으로 응용생태공학회가 생태계서비스를 향상시키기 위해 다양한 학문 분야의 융·복합과 함께 학술적 이론과 실천적 기술들을 발굴해 나가길 고대해 본다.

감사의 글

본 공동연구의 계기가 된 2019 응용생태공학 포럼을 개최한 응용생태공학회와 원고를 수집하여 교정한 인하대학교 조강현 교수에게 감사를 드립니다.

References

Ahn, S. and G. Kim. 2016. Economic values of freshwater ecosystem services from demand and supply perspectives. Journal of Korean Society of Environmental Engineers 38: 580-587. (in Korean)

Alexander, S., Aronson, J., Whaley, O. and Lamb, D. 2016. The relationship between ecological restoration and the ecosystem services concept. Ecology and Society 21: 34.

Ban, Y. W. 2012. Master plan for Eco-complex Cheong-Ju City, Korea.

Blew, R.D. 1996. On the definition of ecosystem. Bulletin of the Ecological Society of America 77: 171-173.

CBD (the Convention on Biological Diversity). 2010. Strategy Plan for Biodiversity 2011-2020. COP 10 Decision UNEP/CBD/COP/DEC/X/2. Nagoya, Japan.

CBD (the Convention on Biological Diversity). 2014. Global Biodiversity Outlook 4. Montréal, Canada.

Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., Van der Ploeg, S., Anderson, S.J., Kubiszewski, I and Turner, R.K. 2014. Changes in the global value of ecosystem services. Global Environmental Change 26: 152-158.

EU (European Commission). 2011. The EU Biodiversity Strategy to 2020. Publications Office of the European Union. Luxembourg.

IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services). 2018. Summary for policymakers of the assessment report on land degradation and restoration of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES secretariat, Bonn, Germany.

Joo, W.Y., Kwon, H.S., Jang, I.Y., Bae, H.J., Jung, P.M., Bang, E.J., Kim, J.I., Kim, M.H., Kim, M.Y., Park, E. and Kim, J. 2017a. Establishment of Ecosystem Services Assessment Framework at National Level. National Institute of Korea. Seochun, Republic of Korea. (in Korean)

Joo, W.Y., Kwon, H.S., Jang, I.Y., Bae, H.J., Jung, P.M., Bang, E.J., Kim, J.I., Kim, M.H., Kim, M.Y., Park, E. and Kim, J. 2017b. A Guideline for Korea National Ecosystem Services Assessment. National Institute of Korea. Seochun, Republic of Korea. (in Korean)

Kim, J.-G. and Lee, W.-K. 2015. Task and curriculum contents of applied ecological engineering education. Ecology and Resilient Infrastructure 2: 1-11. (in Korean)

Kwon, H.S., Lee, J., Kim, I., Kim, S., Kim, B., Kim, H., Lee, J., Oh, H., Joo, W., Park, E. and Kim, J. 2017. Mapping and Assessment of Ecosystem Services. National Institute of Korea. Seochun, Republic of Korea. (in Korean)

MEA (Millennium Ecosystem Assessment). 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC., USA.

Mitsch, W.J. 1998. Ecological engineering – the 7-year itch. Ecological Engineering 10: 119-130.

Mitsch, W.J. 2012. What is ecological engineering?

Ecological Engineering 45: 5-12.
Mitsch, W.J. and Jørgensen, S.E. 2003. Ecological engineering: a field whose time has come. Ecological Engineering 20: 363-377.
NCB-ME (Nature Conservation Bureau, Ministry of the Environment in Japan). 2016. Japan Biodiversity Outlook 2. Tokyo, Japan.
Odum, H.T. 1962. Man in the ecosystem. In, Proceedings of Lockwood Conference on the Suburban Forest and Ecology. Bulletin of the Connecticut Agricultural Station 652: 57-75.
Ouyang, Z., Zheng, H., Xiao, Y., Polasky, S., Liu, J., Xu, W., Wang, Q., Zhang, L., Xiao, Y., Rao, E., Jiang, L., Lu, F., Wang, X., Yang, G., Gong, S., Wu, B., Zeng, Y., Yang, W. and Daily, G.C. 2016. Improvements in ecosystem services from investments in natural capital. Science 352(6292): 1455-1459.
Park, J., Jung, J., Nam, K., Lee, A.-R. and Cho, K.-H. 2015. The current status and the improvement of ecological engineering education in South Korean universities. Ecology and Resilient Infrastructure 2: 12-21. (in Korean)
Pecl, G.T., Araújo, M.B., Bell, J.D., Blanchard, J., Bonebrake, T.C., Chen, I.C and Falconi, L. 2017. Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being. Science 355(6332): eaai9214.
TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity). 2010. The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A Synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations of TEEB.
UK NEA (National Ecosystem Assessment). 2011. The UK National Ecosystem Assessment: Synthesis of the Key Findings. UNEP-WCMC, Cambridge, UK.
UN (United Nations). 2015. Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. Document A/RES/70/1. the UN Sustainable Development Summit, New York, USA.
Wegner, G. and Pascual, U. 2011. Cost-benefit analysis in the context of ecosystem services for human well-being: A multidisciplinary critique. Global Environmental Change 21: 492-504.
Yu, Z., Liu, X., Zhang, J., Xu, D. and Cao, S. 2018. Evaluating the net value of ecosystem services to support ecological engineering: Framework and a case study of the Beijing Plains afforestation project. Ecological Engineering 112: 148-152.