

의사결정 지원을 위한 국가 생태계 평가체계 구축*

Development of Korea National Ecosystem Assessment Framework
 to Support Decision Making

안소은** · 주우영*** · 신유진**** · 장진***** · 권혁수***** · 김충기*****
 · 김현노***** · 설아라***** · 이홍림***** · 최원일***** · 허학영*****
 SoEun Ahn · Wooyeong Joo · Yu Jin Shin · Jin Jang · Hyuksoo Kwon · Choong-Ki Kim
 · Hyun No Kim · Ara Seol · Honglim Lee · Won Il Choi · Hag-Young Heo

요약: 보고는 생태계 기능, 서비스, 편익, 인간후생 간의 관계적 정의, 가치의 관점 및 유형, 가치추정의 확장적 정의 등을 재정립하고, 그 결과를 바탕으로 전국단위 평가에 적용 가능한 표준화된 생태계 평가체계의 개념 틀 및 핵심 평가지표 도출을 목적으로 한다. 연구방법론으로는 그룹 속의접근법(group deliberative approach)을 도입하였으며 논의의 플랫폼으로 ‘2019 생태계서비스 정책포럼’을 활용하였다. 평가체계 구축은 평가목적 설정을 시작으로 생태계서비스연계구도-개념 틀-핵심 평가지표가 연동되도록 설계하였다. 평가체계는 생태계·생태계서비스의 현황진단을 일차적인 목적으로 하였고, 최근 연구동향을 반영하여 생태계서비스 연계구도를 변형하였다. 이는 다시 자연-생태계서비스·편익-인간후생-인간형성자본-인간활동-변화요인을 패널로 하는 국가 평가체계 개념 틀로 확장되었다. 핵심 평가지표는 주요 측정영역에 해당하는 자연 패널과 생태계서비스·편익 패널을 중심으로 도출하였으며, 기존의 공급, 조절, 지지, 문화서비스 범주 아래 측정목표와 측정지표를 동시에 고려하였고, 대표성과 측정가능성을 기준으로 선정하였다.

핵심주제어: 생태계서비스, 그룹 속의접근법, 국가 생태계 평가체계, 핵심 평가지표

*

본 논문은 한국환경정책·평가연구원 2019년도 연구사업 ‘환경·경제 통합분석을 위한 환경가치 종합연구’의 지원으로 진행된 ‘2019 생태계서비스 정책포럼’의 주요 내용을 학술논문 형태로 재구성한 글임을 밝힙니다.

**

주저자·교신저자, 한국환경정책·평가연구원 지속가능전략연구본부 선임연구위원

공동저자, 국립생태원 생태계서비스팀 책임연구원

공동저자, 국립산림과학원 기후변화생태연구과 석사연구원

공동저자, 국립공원공단 국립공원연구원 정책연구부 책임연구원

공동저자, 국립생태원 생태계서비스팀 선임연구원

공동저자, 한국환경정책·평가연구원 물국토연구본부 연구위원

공동저자, 한국환경정책·평가연구원 지속가능전략연구본부 부연구위원

공동저자, 국립산림과학원 산림산업연구과 임업연구사

공동저자, 한국환경정책·평가연구원 환경경제연구실 연구원

공동저자, 국립산림과학원 기후변화생태연구과 임업연구관

공동저자, 국립공원공단 국립공원연구원 정책연구부 선임연구위원

Abstract: This study aims to address the relational definitions between ecosystem function, services, benefits, and human-wellbeing, and to set forth types of values and working definitions of valuation. The ultimate goal is to develop a conceptual framework and key indicators for the Korea National Ecosystem Assessment (K-NEA). A group deliberative approach was employed, involving a series of discussions and workshops both face-to-face and online, using the '2019 Ecosystem Service Policy Forum'. Participants were interdisciplinary experts with diverse field and research experience in ecosystem services assessment under the national research institutes. After setting the goal of K-NEA, which is the assessment of ecosystem integrity and the status of ecosystem services and benefit provision, the ecosystem service cascade is revised and a corresponding conceptual framework and key indicators are developed.

Key Words: Ecosystem Service, Group Deliberative Approach, Korea National Ecosystem Assessment, Key Indicators

I. 서론

생물다양성협약(CBD)은 아이치 목표14(Aichi Target 14)를 통해 생태계·생태계서비스의 가치를 국가계획에 반영하도록 권고하고 있고, 생물다양성과학기구(IPBES)는 아시아·태평양 지역평가보고서(2018)와 전 지구 평가보고서(2019)를 통하여 생태계 현황진단과 함께 회원국에게 적절한 후속조치를 권고하고 있다. 우리나라는 제3차 지속가능발전 기본계획(2016~2035), 제4차 국가생물다양성전략(2019~2023)에 생태계 복원을 통한 생태계서비스 증진을 명시하고 있다. 생태계 보전과 이를 기반으로 한 생태계서비스의 개선은 최상위 국가계획으로부터 지자체 이행계획에 이르기까지 핵심 정책이슈로 부상하였다.

이러한 정책적 요구에 대응하여 국가 연구기관에서는 관련 기반구축 연구를 진행하여 왔다. 대표적으로 국립생태원은 관련 정책지원을 위한 법·제도 개선연구와 생태계서비스 평가 가이드라인 및 지도구축 연구를 중심으로,¹⁾ 한국환경정책·평가연구원은 생태계서비스 측정방법론 개발 및 시

1) 국립생태원은 생태계서비스 측정과 평가를 위해 우리나라에 적용 가능한 항목과 지표를 국내외 문헌분석을 통해 도출하였고(오우석 등, 2015; 주우영 등, 2016), 전국 및

범적용을 중심으로²⁾ 연구를 진행하여왔다. 또한 국립산림과학원은 산림이 제공하는 생태계서비스를 대상으로,³⁾ 국립공원연구원은 국립공원이 제공하는 다양한 생태계서비스 측정 및 관리기반 구축 연구를⁴⁾ 수행해오고 있다. 그러나 열거한 선행연구들은 각 기관의 고유 미션을 반영하고 있고 특정 정책 지원을 위해 수행된 측면이 있어, 그 결과를 일반화하기에 한계가 있는 것이 사실이다.

국가 연구기관의 선행연구를 정리하면 크게 국가·지자체 정책 또는 계획수립 지원을 위한 연구와 생태계·생태계서비스 측정을 위한 방법론 구축 및 적용 사례연구로 구분할 수 있다. 본고는 후자인 생태계·생태계서비스 측정에 초점을 두고자 한다. 이는 관련 정책·계획의 수립이 생태계·생태계서비스 현황진단을 전제로 하기 때문이며, 현황진단은 다시 국가 차원의 표준 평가체계에 기반을 두어야 하기 때문이다.

이러한 배경 아래 표준화된 국가 생태계 평가체계 구축의 필요성이 제기되었고, 주요 연구기관을 중심으로 ‘2019 생태계서비스 정책포럼’이 구성되었다.⁵⁾ 정책포럼의 일차적인 목적은 생태계 기능, 서비스, 편익, 인간후생

지자체 공간 수준에서의 생태계서비스를 평가할 수 있는 방법론을 제시하였다(주우영 등, 2017; 권혁수 등, 2017). 또한 국내 습지보호지역에 대해 생태계서비스 평가 및 정책 활용을 위한 법제화 방안을 마련하였다(주우영 등, 2019).

- 2) 한국환경정책·평가연구원은 다양한 관련연구를 수행해 왔으며, 대표적인 예로 하천 생태계서비스 평가체계 구축 연구(안소은 등, 2014, 2015)와 생태계서비스를 기반으로 한 자연자본의 지속가능성 지수 개발 연구(이현우 등, 2016; 김충기 등, 2017) 등이 있다.
- 3) 국립산림과학원은 산림생태계의 잠재적인 기능에 대한 측정과 생태계서비스 관점의 평가를 통해 지속가능한 산림관리 방안을 도출하고자 연구를 수행하고 있다. 산림이 제공하는 공익기능을 총 7개로 분류하여 경제적 가치평가를 시도하였으며(김종호 등, 2012), 현재 산림생태계를 모니터링하고 산림관리에 따른 산림 기능의 변화를 조사함으로써 계속해서 산림생태계서비스 평가를 위한 자료를 구축하고 있다(김경하 등, 2016; 박찬우 등, 2019).
- 4) 국립공원공단 국립공원연구원은 국립공원에 적합한 생태계서비스 평가 항목 및 지표를 선정하고 북한산과 한려해상국립공원에 시범 평가하여 평가체계를 마련하였다(심규원 등, 2018). 이후 공원 유형과 평가주기를 반영하여 평가체계를 재정립하고(장진 등, 2018), 국립공원의 핵심 평가항목과 주요 평가지표를 제시하였다(장진 등, 2019). 이를 바탕으로 공원모니터링 및 공원자원조사 DB와 연계한 평가방법 마련 및 고도화 과정을 통해 매년 3~4개 공원에 대해 생태계서비스 가치를 평가하여 공원관리 의사결정 지원을 위한 기반을 마련하였다.

간의 관계적 정의와 관련 용어를 명확히 하여 공유하는 것이었으며, 최종목적은 이러한 논의를 바탕으로 국가 생태계 평가체계(Korea National Ecosystem Assessment, K-NEA)의 개념 틀과 핵심 평가지표를 설계하는 것이었다. 본고는 정책포럼의 최종결과물이라 할 수 있는 국가 생태계 평가체계의 구축과정과 세부내용을 정리하고, 제안된 평가체계의 확장 가능성 및 향후과제를 제시하고자 한다.

II. 방법론: 그룹 숙의접근법

본고는 전문가의 연구경험을 토대로 한 그룹 숙의접근법(group deliberative approach)을 연구방법론으로 한다. 숙의(deliberation) 또는 숙의과정(deliberation process)은 비판적 고찰을 통해 특정 이슈에 대한 대응방식을 결정하는 것 또는 과정으로 정의된다(Fearon, 1998; Abelson et al., 2003). 통상적으로 비판적 고찰은 대응방식의 긍정적 또는 부정적 결과를 저울질 하는 과정을 포함한다. 또한 숙의과정은 이해당사자 그룹이 관련정보를 공유 및 학습하고 해당이슈를 비판적으로 분석한 후 합의를 거쳐 최종결정에 이르는 절차를 거친다.

숙의접근법은 국내 생태계·생태계서비스 측정부문에서는 적용사례가 많지 않으나, 해외에서는 생태계서비스의 사회·문화적 가치추정 방법론으로,⁶⁾ 또는 단일척도에 근거한 생태계서비스 평가 예를 들면 화폐나 에너지를 측정척도로 하는 가치추정 방법론에 대한 대안으로써 사례연구가 급증하고 있는 추세이다(Kenter et al., 2011, 2016; Kaartinen et al., 2013; Kelemen et al., 2013; Raymond et al., 2014; Castro et al., 2014). 특히 다양한 이해당사자의 참여를 유도하고 의견을 수렴하여 관련 의사결

5) 정책포럼은 국립생태원, 한국환경정책·평가연구원, 국립산림과학원, 국립공원연구원 등에서 관련 연구를 진행해온 전문가로 구성되었으며, 자발적인 참여를 원칙으로 하였다. 따라서 본고의 연구내용이 각 기관의 입장을 대표하는 것은 아님을 밝혀둔다.

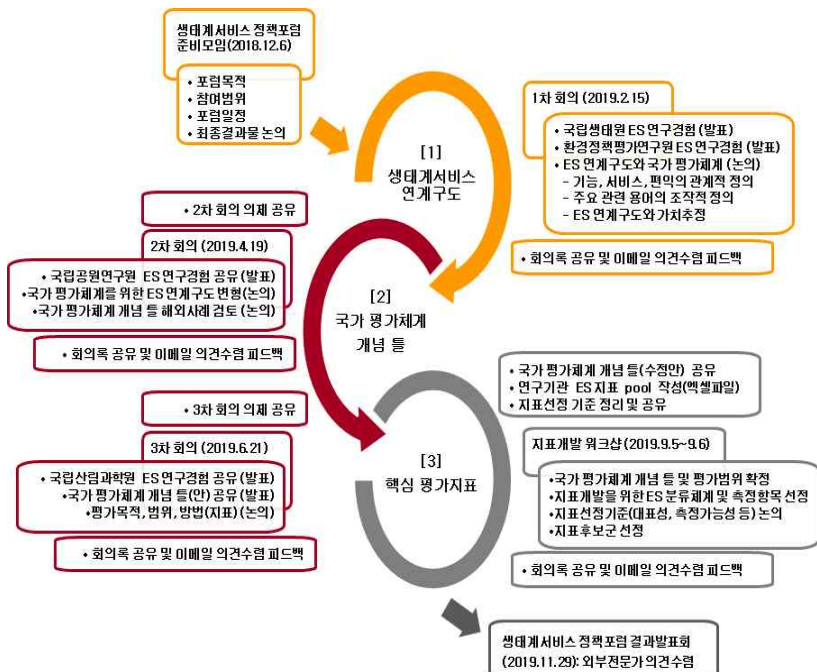
6) 생태계서비스의 사회·문화적 가치 및 공동체 가치(shared value)에 대한 숙의접근법 적용사례는 Ecosystem Service 2016 특별호(volume 21, Part B)를 참조하기 바란다.

정에 반영할 수 있다는 점이 장점으로 부각되고 있다.

본고는 생태계·생태계서비스 측정연구를 수행해 온 국가 연구기관의 전문가를 중심으로 구성된 ‘2019 생태계서비스 정책포럼(이하 정책포럼)’을 플랫폼으로 하여 그룹 속의접근법을 적용하였다. 정책포럼은 지난 5년여 동안 각 기관의 연구경험을 공유하고 학습하였으며, 국가 생태계 평가체계 구축을 위한 주요 의제를 도출하였다. 각 의제에 대한 구성원 간의 토론을 통해 합의 초안을 작성하였고, 피드백 절차를 거쳐 수정안을 작성한 후, 내·외부의 자문을 거쳐 최종 결정하는 형태로 진행되었다.

정책포럼은 2018년 12월 준비모임을 거쳐 2019년 3차에 걸친 대면회의(2월, 4월, 6월), 지표개발 워크숍(9.5~9.6) 및 결과발표회(11.29)를 계획하였으며, 국립생태원, 한국환경정책·평가연구원, 국립산림과학원, 국립공원연구원 등에서 관련 연구를 진행해온 전문가 총 15명이 참여하였다. 정책포럼의 논의과정을 주제별, 일정별로 정리하면 <그림 1>과 같다.

<그림 1> 그룹 속의접근법의 적용절차



정책포럼은 준비모임을 통한 스코핑을 거쳐 생태계서비스 연계구도, 국가 평가체계 개념 틀, 핵심 평가지표 도출 순으로 진행하였다. 먼저 준비 모임에서는 정책포럼의 목적을 공유하고 참여범위를 논의하였으며 최종 결과물에 해당하는 국가 생태계 평가체계의 구축 범위를 명확히 하였다. 논의의 주제를 크게 생태계서비스 연계구도, 국가 평가체계 개념 틀, 핵심 평가지표 도출로 설정하고, 그에 따라 일정을 조정하였다. 정책포럼은 대면회의, 지표개발 워크숍, 결과발표회를 진행하는 것으로 하였다. 또한 2개월에 한 번씩 열리는 대면회의에서는 각 기관의 연구경험을 공유하는 발제를 병행하기로 하였다. 논의내용은 회의록을 작성하여 공유하였고, 추가적인 의견수렴은 이메일을 활용하기로 하였으며, 전반적인 포럼운영은 한국환경정책·평가연구원에서 담당하기로 하였다.

생태계서비스 연계구도 변형은 국가 생태계 평가체계 구축의 사전단계로 주요 측정대상인 기능, 서비스, 편익 간의 관계적 정의를 재정립하는 것이 주요 내용이며, 이는 국가 평가체계 개념 틀 논의에 반영되었다. 국가 평가체계 개념 틀은 지속적인 논의를 거쳐 수정되었으며 지표 개발과 맞물려 토론을 진행하였다. 특히 핵심 평가지표 도출은 국가 생태계 평가체계의 목적과 범위를 반영한 개념 틀을 실제 작동가능 하도록 구체화 하는 작업에 해당하기 때문에 2일에 걸친 워크숍을 기획하여 집중 토론할 수 있는 여건을 조성하였다.

지표개발 워크숍의 효율적 진행을 위하여 국가 평가체계의 개념 틀(수정안)을 사전에 공유하였으며, 8월 28일 기준으로 각 연구기관의 생태계 서비스 지표개발 관련 자료를 취합하고 DB화하여 제공하였다. 또한 각 기관의 선행연구에서 활용한 다양한 지표 선정기준을 정리하여 함께 제공하였다. 지표개발 워크숍에서는 사전에 제공된 자료를 토대로 평가체계 개념 틀의 주요 요소인 생태계서비스 분류체계, 측정목표, 측정항목, 지표선정이 일관성 있게 연결될 수 있도록 점검하면서 논의를 진행하였다. 도출된 핵심 평가지표 구성안은 이메일 의견수렴을 통하여 일차적으로 수정한 후 정책포럼 결과발표회에 제시하였으며 외부 전문가 자문의견을 수렴하

여 최종 확정하였다.

이후 이어지는 장에서는 정책포럼의 논의주제인 생태계서비스 연계구도, 국가 평가체계 개념 틀, 핵심 평가지표 순으로 주요 내용을 정리하고자 한다.

III. 생태계서비스 연계구도와 국가 평가체계

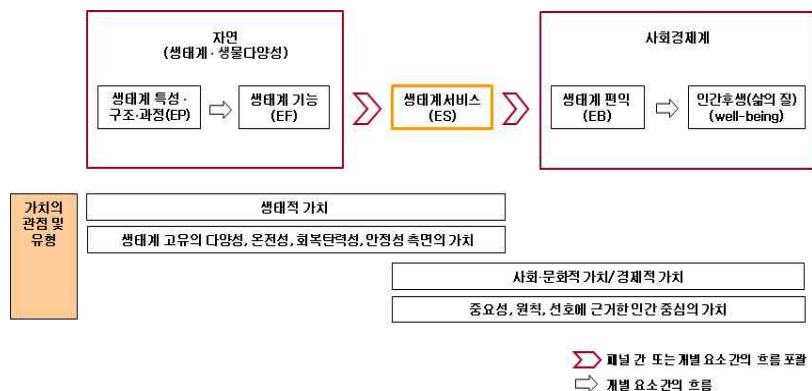
생태계서비스 연계구도(ecosystem service cascade)는 자연과 인간 간의 관계를 영향의 흐름에 근거하여 이해하고자 하는 시도이며, 생물다양성경제학(TEEB, 2010)에서 제시된 이후 다양한 논의가 진행되어 왔다.⁷⁾ 생태계서비스 연계구도가 중요한 이유는 분석목적에 따라 생태계와 인간 후생 간의 관계가 다르게 정의 될 수 있으며,⁸⁾ 이는 다시 생태계서비스 분류체계, 평가범위, 측정항목, 가치추정 방법론 선택에 영향을 미치기 때문이다.

국가 생태계 평가체계 구축을 위한 생태계서비스 연계구도 관련한 핵심 이슈는 1) 생태계 기능, 서비스, 편익, 인간후생(삶의 질)의 관계적 정의 및 범위, 2) 이와 관련된 가치의 관점 및 유형, 3) 측정을 위한 가치추정의 범위라 할 수 있다. 열거한 3가지 이슈는 국가 생태계 평가체계와 연동되어야 하며, 따라서 측정가능성이 논의의 주요 쟁점이다. 숙의과정을 거쳐 최종 정리된 생태계서비스 연계구도는 <그림 2>와 같고, 연계구도와 관련된 용어 정의는 <표 1>과 같다.

7) TEEB(2010)의 연계구도를 활용하여 분석목적에 차별화된 생태계서비스 연계구도 개발 사례연구는 다양하다. 대표적인 예로 경제적 가치추정(Fisher et al., 2009; Cordier et al., 2014), 환경계정(Boyd and Banzhaf, 2007; Haines-Young and Potschin, 2018), 토지이용 또는 기후변화 대응과 같은 자연자산 관리(Wallace, 2007; Goldstein et al., 2012; Brink et al., 2016) 등이 있다. Potschin-Young et al.,(2018)은 문헌고찰을 통하여 생태계서비스·연계구도가 개념 틀 작성, 이슈의 재정립, 생태계 복잡성을 다루는 분석 틀로서 다양하게 활용되어왔음을 예시한 바 있다.

8) 생태계 기능, 서비스, 편익, 인간후생 간의 관계적 정의 발전과정과 그에 따른 분류체계 변화는 MA(2005), TEEB(2010), Diaz et al.,(2015, 2018) 등을 참고하기 바란다.

〈그림 2〉 국가 생태계 평가를 위한 생태계서비스 연계구도



먼저 연계구도는 자연(생태계 구조·과정, 생태계 기능), 생태계서비스, 사회경제계(생태계 편익, 인간후생) 3개의 패널로 구분하였다. 〈그림 2〉의 붉은색 굵은 화살표는 패널 간 영향뿐만 아니라 개별 요소 간의 영향흐름을 포괄하며, 작은 화살표는 개별 요소 간의 영향흐름만을 나타낸다. 이는 영향의 흐름이 생태계구조·과정-기능-서비스-편익-인간후생을 따라 명확한 경우와 그렇지 못한 경우를 구분하기 위함이다. 예를 들어 자연 패널 내 생태계 구조·과정과 기능 간의 상호작용이 명확히 규정되지 않아 생태계서비스로의 연결고리가 분명하지 않은 경우, 붉은색 굵은 화살표는 기능-생태계서비스가 아닌 자연-생태계서비스 간의 영향흐름을 나타낼 수 있다.

〈표 1〉에서와 같이 생태계 기능은 ‘생태계의 특성, 구조, 과정 간의 상호작용의 결과’로, 생태계서비스는 ‘인간후생 증진을 위해 직접 또는 간접으로 사용되는 생태계 요소’로, 편익은 ‘인간후생 증진을 위해 직접적으로 소비 또는 향유되는 생태계 요소’로 정의하였다. 이를 학제적 측면의 가치관점 또는 유형과 대응시키면, 기능은 생태적 가치에, 편익은 사회·문화적 또는 경제적 가치에 개념적으로 가깝다. 반면 생태계서비스는 생태적, 사회·문화적, 경제적 가치로 모두 표현 가능하며, 경우에 따라 인간후생에 직접적으로 영향을 주는 최종생산물일 수도 있고(그림의 굵은 화살표), 편익을 거쳐 인간후생을 증진하는 중간생산물(작은 화살표)일 수도 있다.

〈표 1〉 생태계서비스 연계구도 및 가치추정 관련 용어

구분	용어	작동 가능한 정의 (operational definition)
생태계 서비스 연계구도	생태계특성*	특정 생태계가 지니고 있는 속성들로서 주로 생물학적, 화학적, 물리적으로 고유한 특징을 의미함; 생태계의 구조와 과정을 규정하는 제약조건으로 작용함
	생태계구조*	식생, 토양, 지형, 수분과 같은 생물적, 비생물적 요소들이 생태계 특성과 어우러져 구성된 복합적 망(web)
	생태계과정*	생태계 구조를 기반으로 구성요소들 간의 물질 및 에너지가 상호 교환되는 동태적인 상태
	생태계기능	생태계 특성, 구조, 과정 간의 상호작용의 결과 또는 생태계 현상
	생태계서비스	인간후생 증진을 위해 직접 또는 간접으로 사용되는 생태계 요소
	생태계편익	인간후생 증진을 위해 직접적으로 소비·향유되는 생태계 요소
가치의 관점 및 유형	생태적 가치	생태계 양과 질의 상태(또는 변화), 다양성, 온전성, 회복탄력성, 안정성 측면의 가치
	사회·문화적 가치	생태계가 제공하는 비물질적 혜택과 관련한 가치 (예시)휴양, 레저, 경관미와 같은 직접적인 소비를 통한 혜택 (예시)교육 및 과학, 영적 또는 정체성 지지, 장소적 안정감, 인간-자연 간의 관계적 가치 등을 포괄함
	경제적 가치	인간의 선호체계에 근거한 가치; 통상적으로 경제적총가치(TEV) 유형 분류를 사용함 (예시) 목재(직접사용가치), 수질(간접사용가치) (예시) 비사용가치 또는 보전가치(선택, 유산, 존재가치)
가치추정 관련용어	가치 (value)	다양한 가치 관점(예시: 생태적, 사회문화적, 경제적 가치)을 포괄하는 개념으로 정의
	가치화 (valuing)	특정 서비스에 대한 가치표현 또는 가치부여의 과정에 중점을 둔 개념; 다양한 형태의 가치표현 형태를 포괄하며 측정 가능 영역으로 한정되지 않음; 가치추정(valuation)을 포함하는 개념
	가치추정 (valuation)	특정 가치화 방법론(예시: 생물리적, 사회·문화적, 경제적 방법론)을 적용하여 구체적으로 가치를 도출하는 행위로 측정 가능 영역에 한정; 측정결과 는 서술(narration), 실측치(면적, 무게, 부피, 빈도 등), 지표(순서, 등급, 표준화된 점수 등), 화폐 등으로 표현; 정량적 및 정성적 정보를 포괄

주: * 생태계 특성, 구조, 과정의 정의는 Matlby et al.(1996), MA(2005), TEEB(2010)에서 재구성

생태적 가치는 자연 중심의, 사회·문화적 또는 경제적 가치는 인간중심의 가치이다. 생태적 가치는 ‘생태계 양과 질의 상태 또는 변화, 다양성(diversity), 온전성(integrity), 회복탄력성(resilience), 안정성(security) 측면의 가치’로 정의하여 생태계 고유의 가치임을, 사회·문화적 또는 경제적 가치는 ‘인간의 선호(preference), 원칙(principle), 중요성(importance)’에 근거한 가치임을 강조하고자 하였다. 사회·문화적 또는 경제적 가치 모두 ‘인간후생 증진과 직접 또는 간접적으로 관련된 가치’에 해당하나, 전자는

‘생태계가 제공하는 비물질적인 편익’에, 후자는 ‘인간의 선호에 근거한 화폐화 가치’에 중점이 있다.

한편 <표 1>에서 제시한 가치의 관점 및 유형, 가치, 가치화, 가치추정은 상호연관성 속에서 정의되고 있음을 이해하여야 한다. 먼저 가치(value)는 다양한 가치의 관점 최소한 생태적, 사회·문화적, 경제적 가치를 포괄하는 광의의 개념으로 사용되고 있음에 유의한다. 이는 가치의 표현을 화폐화와 등가로 취급하는 것에서 벗어나 그 영역을 확장하고, 화폐화하기 어려운 생태계 기능 및 서비스 등을 의사결정에 적극적으로 반영하기 위함이다.

가치화(valuing)는 가치를 부여하는 과정에 중점을 둔 개념으로, 측정 가능한 영역에 한정되지 않는다. 특정 서비스에 가치를 부여하는 것은 개인의 세계관, 가치관, 사회·문화적 환경에 의해 영향을 받으며 다양한 형태로 표현되고, 그 표현의 형태가 측정 가능해야 할 이유는 없다. 반면 가치추정(valuation)은 ‘특정 가치화 방법론을 적용하여 구체적으로 가치를 도출하는 행위’로 정의하여 측정 가능한 영역에 한정하였다. 여기서 측정척도는 서술, 지표(순서, 등급, 표준화된 점수 등), 실측(면적, 무게, 부피), 화폐 등을 포함한다. 이는 국가 생태계 평가체계가 측정을 전제로 하며 정성적 또는 정량적 정보를 포괄한다는 의미이기도 하다.

IV. 국가 생태계 평가체계 구축

1. 해외사례 및 생물다양성과학기구(IPBES) 개념 틀

새천년보고서(MA, 2005)가 발간된 이후 유럽을 중심으로 국가단위의 생태계 평가가 지속적으로 이루어졌다. 포르투갈 평가보고서(Pereira et al., 2013)는 MA(2005)의 일부로써 발간되었다. 주요 국가의 생태계 평가보고서 발간 현황을 정리하면 <표 2>와 같다.

〈표 2〉 해외 주요 국가의 생태계 평가보고서 발간 현황

	영국	일본	독일	스페인
발간 연도	•2011: 1차보고서 •2014: 후속보고서	•2010 •2016	•2015	•2012 •2014
목적	•자연과 사회의 연결을 위한 개념 틀 개발 •과거 주기분석 및 미래 현상예측 •자연과학자와 사회과학자 협력을 통한 정책 지원	•생물다양성 및 생태계서비스의 가치와 현황분석 •생물다양성 보전에 관한 각 주체의 활동 촉진 •정책결정 지원 및 객관적인 정보 정리	•독일의 정책, 사회, 경제를 위한 통합된 의사결정 반영 •DB 자료구축	•생태계의 변화와 생물다양성 감소에 대한 정보제공
참여자	300명 이상	120명	18명	60명
분량	1,470 페이지	175 페이지	50 페이지	1,700 페이지
평가 방법	•8개의 주요 생태계 유형별로 지표를 활용하여 생태계서비스 평가 •문헌검토 및 국가 통계	•지표기준의 전문가 설문	•생물다양성 지표를 통해 2년 주기로 평가 •데이터의 가용성과 생물다양성 및 생태계서비스 평가	•생태계서비스를 22가지 항목으로 분류하여 평가 •생태계 유형을 크게 육상생태계, 수생태계, 도시생태계로 분류
주요 결과	•생태계서비스별 지속가능성 •생태계서비스 변화 요인 판단 •수질/생물학적 조절 등에 관한 연구 필요	•지난 50년간 생태계의 회복탄력성 감소 •생태계서비스의 감소는 인간복지에 영향을 줌	•국가 수준의 생태계서비스 지표개발 및 지도화	•45%의 생태계서비스 저해 •기후변화 취약성 •생태계 질 저하와 생물다양성 손실의 변화

자료: UK-NEA(2011, 2014), JBO(2010, 2016), Albert et al.(2015, 2016), EME(2012, 2014)

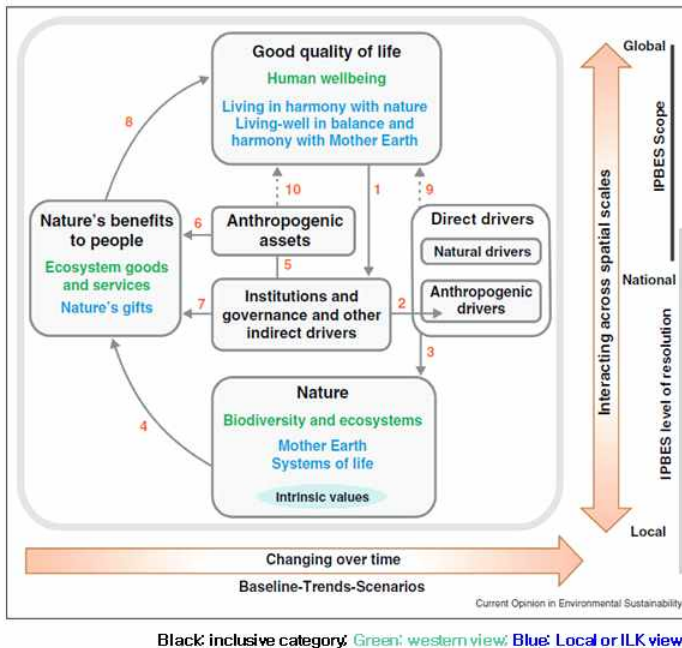
영국 생태계 평가보고서(UK-NEA 2011, 2014)는 가장 대표적이고 종합적인 국가단위의 생태계 평가보고서이다. 전문가가 300명 이상 참여하였으며, 1,470페이지 이상의 기술보고서는 4개의 광역지역을 평가하였고, 생태계와 생태계서비스의 현재 상태와 변화경향 및 주요 변화요인을 규명하였다. 영국 평가보고서는 생물다양성과학기구(IPBES) 평가 개념 틀 설계에 중요한 기초자료로 사용되었다.

스페인 생태계 평가보고서(EME, 2012)는 14개의 생태계 유형과 22개의 생태계서비스 항목에 대한 평가를 실시하였으며 경제적 가치추정 보고서도 추가로 발간하였다(EME, 2014). 독일 생태계 평가보고서(Albert et al., 2015, 2016)는 국가단위의 생태계서비스 지표와 함께 현재 상태를 지도화하여 제시하였다. 아시아 지역에서는 일본이 국가 생물다양성 전망보고서

(JBO, 2010, 2016)를 통해 지난 50년간 생물다양성과 생태계서비스 현황 및 변화를 평가하였으며, 생태계서비스의 감소가 인간복지에 영향을 미친다는 것을 규명하였다.

생물다양성과학기구(IPBES) 개념 틀은 <그림 3>과 같이 색으로 관점의 차이를 표현하고 있다. 검은색은 포괄적 관점을, 초록색은 서구의 지식관점을, 푸른색은 다른 지식체계, 즉 지방(local) 또는 원주민(indigenous and local knowledge system, ILK) 관점을 표현하며 그에 따른 용어도 차별화하고 있다. 예를 들어 ‘자연의 편익’ 패널은 서구의 관점에서는 ‘생태계가 제공하는 재화와 서비스’에, 원주민(ILK) 관점에서는 ‘자연의 선물’에 가까운 개념이다.

<그림 3> 생물다양성과학기구(IPBES) 평가체계 개념 틀



자료: Diaz et al.(2015)

가치추정의 범위가 자연, 자연의 편익, 삶의 질 패널이라 한다면, 서구의 관점에서 주요 측정대상은 초록색으로 표시되어 있는 생태계·생물다양성, 생태계 재화 및 서비스, 인간후생이라 볼 수 있으며, 대부분 인간중심의 가치에 해당한다. 반면 인간의 경험 및 이용여부와 관계없는 내재적 가치(intrinsic value)는 자연 패널 안에 독립적으로 배치하여 화살표로 표현된 영향의 흐름과 무관함을 나타내고자 하였다. 한편 변화요인(drivers)은 자연적 또는 인위적 요인으로, 직접적 또는 간접적 요인으로 구분하였으며, 이를 인간의 제도적, 거버넌스 측면의 대응과 연결하였다.

또한 그림의 하단과 오른쪽에 각각 시간적 및 공간적 스케일을 표현하고자 하였다. 시간적 스케일에서는 기준선-경향-시나리오를 추가하여 개념 틀이 현황진단, 경향분석, 미래예측에 활용될 수 있음을 예시하였다. 오른쪽의 공간적 스케일은 다소 복잡한 측면이 있으나, 주요 메시지는 개념 틀 적용에 가장 적합한 공간적 스케일은 국가 또는 글로벌 차원이나 실질적인 평가의 기본단위(resolution)는 생태계 이질성을 고려하여 적절한 수준으로 세분화 되어야 한다는 것이다.

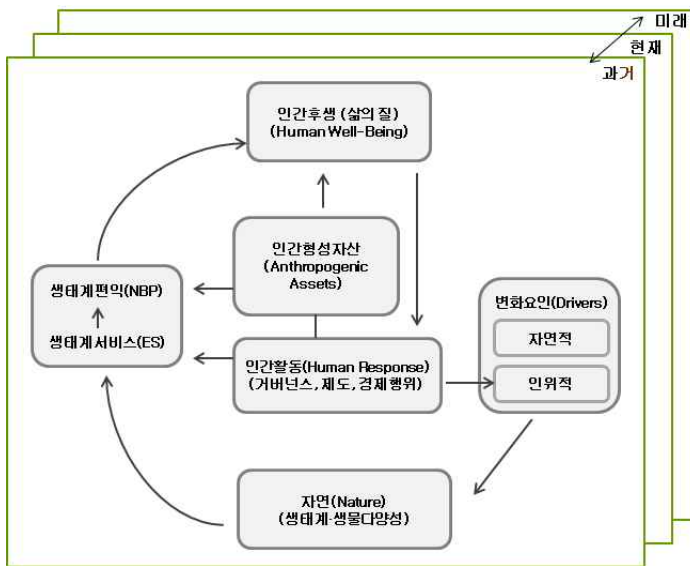
2. 국가 생태계 평가체계(K-NEA) 개념 틀

국가 생태계 평가체계 구축은 평가목적을 명확히 하는 것으로부터 출발한다. 앞서 해외사례에서 살펴본 것처럼 국가 생태계 평가의 일차적 목적은 현황진단, 경향분석, 미래예측이라 볼 수 있는데, 이는 시간적 스케일에서 보면 결국 생태계 건강성의 지속가능성 평가라 할 수 있다. 그러나 생태계 건강성의 지속가능성 평가도 현황진단을 전제로 확장 가능하다는 측면에서 본고는 현재(또는 기준선) 생태계·생물다양성의 온전성과 생태계서비스의 양과 질 측정을 목표로 한다.

평가체계 구축은 평가목적을 반영한 개념 틀을 설계하고 이를 평가범위 및 방법론과 연계하는 것으로 구체화하였다. 개념 틀은 생물다양성과학기구(IPBES) 평가 틀과 생태계서비스 연계구도의 주요 내용이 연동되도록 작업하였다. 이는 글로벌 차원의 평가 틀과 일치시킴으로써 이후 국가 간

비교가 가능하도록 하는 동시에 <그림 2>의 자연-생태계서비스-사회경제계 패널 내의 개별 요소가 최종적인 측정대상에 해당하기 때문에 이를 개념 틀에 반영하기 위함이다. 또한 개념 틀은 의사소통을 위하여 충분히 단순화하고자 하였다. 제안된 국가 평가체계 개념 틀과 구성요소의 정의는 각각 <그림 4>와 <표 3>과 같다.

<그림 4> 국가 생태계 평가체계(K-NEA) 개념 틀



국가 생태계 평가체계(K-NEA) 개념 틀은 생물다양성과학기구(IPBES)의 주요 패널을 가져오되 국내 상황을 고려하여 단순화하고 있음을 알 수 있다. 먼저 우리나라와 연관성이 적은 지방 및 원주민(ILK) 관련 용어는 제외하였으며, 시간적 스케일과 관련된 내용은 오른쪽 상단에 과거, 현재, 미래를 겹으로 표시하여 단순화하였다. 공간적 스케일과 관련된 내용 역시 국가단위 평가라는 점을 고려하여 제외하였다.

개념 틀은 자연-생태계서비스·편익-인간후생(삶의 질) 패널을 주요 연결고리로 하고, 주요 측정대상인 생태계서비스와 편익을 동일한 패널 안에 화살표로 연결하여 배치함으로써, 생태계서비스와 편익이 인간후생에

직접 또는 간접적으로 기여하고 있다는 것을 강조하였다. 인간에 의해 만들어진 다양한 형태의 사회간접자본 및 인적자본은 ‘인간형성자산’이라는 용어로 포괄하였으며, 여기에는 구조적 인프라, 건강보건기관, 지식, 기술, 금융자산 등이 포함된다.

〈표 3〉 국가 생태계 평가를 위한 개념 틀의 주요 용어 정의

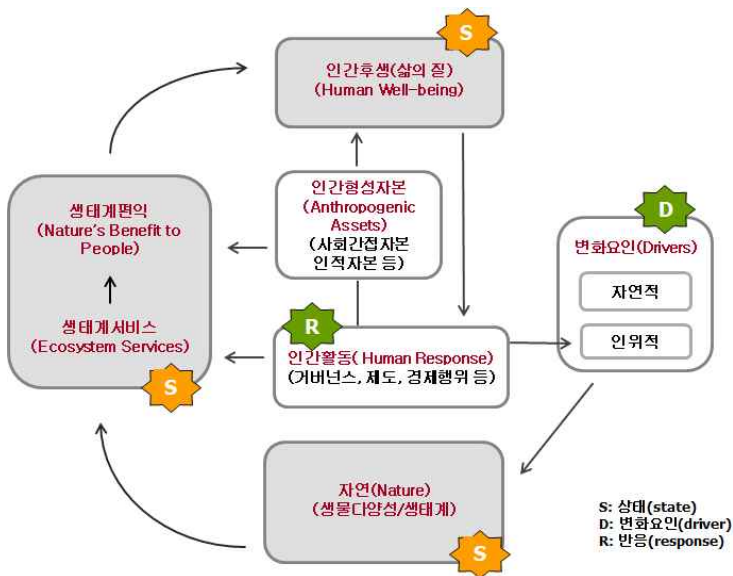
패널 구분	내용
자연 (Nature)	-살아있는 유기체와 유기체를 둘러싸고 있는 환경 간의 상호작용을 총체적으로 지칭 -생물다양성, 생태계, 생태계 구조와 기능, 생태계 진화과정, 자연자원 (생물, 비 생물)을 포함
생태계편익(NBP) 생태계서비스(ES)	-생태계편익(Nature's Benefit to People; NBP): 인류(개인, 공동체, 사회, 국가 등)가 자연으로 부터 얻는 편익을 총칭 -생태계서비스(Ecosystem Service; ES): 생태계가 제공하는 재화(goods) 및 서비스 포함
인간후생·삶의 질 (Human Wellbeing)	-충만한 인간 삶의 성취 (achievement of a full-filled human life)
변화요인 (Drivers)	-자연적 변화요인과 인간활동으로 인한 변화요인으로 구분; 전자는 인간의 통제 영역을 벗어난 자연재해를 의미; 후자는 인간의 의사결정 및 행동의 결과로 인해 발생하는 요인을 포괄함; 따라서 거버넌스, 제도 등으로 인한 변화요인을 포함한 개념임; 후자의 예로는 기후변화, 오염물질 배출, 토지이용변화, (생태계) 서식처 질 저하, 복원 등이 포함됨
인간형성자산 (Anthropogenic Assets)	-인간에 의해 만들어진 다양한 형태의 자산(사회간접자본, 인적자본)을 총칭 -구조적 인프라(built infrastructure), 건강기관 (health facilities), 지식 (knowledge), 기술(technology), 금융자산(financial assets) 등이 포함
인간활동 (Human Response)	-다양한 스케일에서의 인간 또는 사회조직과 자연과의 상호작용을 포괄; 결국 이러한 상호작용이 변화의 기저 원인을 제공함(인위적 변화요인으로 연결) -제도 및 거버넌스 시스템이 자연자산과 인간형성자산의 접근, 구축, 분배 등을 결정함; 따라서 결과적으로 생태계편익(NBP)의 접근, 구축, 분배를 결정

‘변화요인’은 직접 또는 간접요인으로 구분하지 않고 자연적 또는 인위적 요인으로 이분하여 단순화하였다. 전자는 인간의 통제영역을 벗어난 자연재해를 의미하고, 후자는 인간의 의사결정 및 행위의 결과에 의한 변화요인을 포괄한다. 압력에 대한 인간 또는 사회시스템의 대응에 해당하는 거버넌스, 제도, 경제행위 등은 ‘인간활동’안에 포괄한다. 한편 과거, 현재, 미래는 겹으로 표시하여 동일한 평가체계가 지속가능성 평가로 확장될 수 있음을 제시하였다.

3. 국가 생태계 평가체계(K-NEA) 측정범위 및 핵심지표

다음 작업은 국가 평가체계(K-NEA) 개념 틀을 중심으로 측정범위를 결정하는 것이다. 일단 생태계 현황진단이라는 평가목적에 고려하면 주요 측정영역은 <그림 5>에서 음영처리 한 패널이 될 것이다. 즉 생태계·생물 다양성의 건강성과 현재 공급되고 있는 생태계서비스·편익의 양과 질 평가가 핵심이다. 측정관련, 기존 사례에서 간과되고 있는 이슈 중의 하나가 저장(stock)을 측정할 것인가 또는 유량(flow)을 측정할 것인가이다. 이는 대상의 성격과 맞물려 결정되어야 하는데, 자산의 개념에 가까운 생태계·생물다양성은 저장으로, 자산으로부터 일정기간 동안 발생하는 생태계서비스·편익의 양은 유량으로 측정하는 것이 원칙이다.

<그림 5> 국가 생태계 평가체계의 지표 측정범위



평가목적, 개념 틀, 측정범위에 대해 합의를 이루면 다음으로 측정방법론을 결정하여야 한다. 해외사례에서는 대부분 지표를 활용하여 왔다(<표 2>의 국가 생태계 평가보고서 해외사례 참조). 지표가 방법론인지에 대한 논란은 존

재하나 지표는 다음과 같은 측면에서 국가 생태계 평가도구로 유용하다. 먼저 측정목표-측정항목이 정해지면 해당 항목의 특성에 따라 다양한 방법론, 예를 들면 생물리적, 사회·문화적, 경제적 방법론 등의 차별화된 접근법 적용이 가능하다. 또한 개별 측정결과는 순서화, 등급화, 점수화, 표준화 등을 거쳐 종합 가능하며, 단순화된 종합결과는 이해당사자 간의 의사소통 측면에서 장점이 있다. 이러한 점을 고려하여 본고에서도 지표를 활용하고자 한다.

환경지표의 개념 틀은 OECD의 압력-상태-반응(PSR) 모델과 이를 발전시킨 요인-압력-상태-영향-반응(DPSIR) 모델이 대표적이다.⁹⁾ 이러한 개념 모델은 생태계·생물다양성-생태계서비스·편익-인간후생의 연계구도와 맞물려 생태계서비스 지표개발에 활용되어 왔는데, 대표적 사례로 Haines-Young and Postshin(2010), de Groot et al.(2010), Kandziora et al.(2013), Honrado et al.(2013), Hering et al.(2015), Diehl et al.(2016) 등이 있다.

한편 평가목적에 따라 요구되는 정보의 수준은 차별화된다. 정책포럼에서는 다수의 개별지표를 활용할 것인지 소수의 핵심지표를 활용할 것인지에 대해 먼저 논의하였고, 핵심지표를 활용하는 것으로 합의하였다. 이러한 결정에는 생태계 기능 간의 유기적 복잡성과 의사결정 지원을 위한 지표의 활용성이 주요 요인으로 작용하였다.

먼저 생태계 평가 시 유의해야 할 점이 중복산정 문제인데, 이를 부분적으로 해결하는 방법은 측정목표-측정항목(측정지표)을 동시에 고려하여 최대한 중첩되지 않도록 하는 것이다. 생태계 기능 간의 유기적 연관성을

9) 환경지표 개념 틀은 1990년대 OECD의 압력-상태-반응(Pressure-State-Response, PSR) 모델로부터 출발한다. PSR 모델은 경제활동으로 인한 환경에의 '압력'과 압력으로 인한 환경의 양과 질의 '상태' 변화를 고려한다. 환경·자연자원의 변화에 대해 인간은 환경정책 또는 경제정책과 같은 부문별 정책을 통해 '반응'하게 되는데, 이러한 일련의 과정은 피드백을 통해 반복된다(OECD, 2012; 안소은 등, 2012 재인용). PSR 모델은 인간활동과 환경의 상호작용을 보다 구체화한 요인-압력-상태-영향-반응(Driver-Pressure-State-Impact-Response, DPSIR) 모델로 발전하였다. 요인(D)은 사회변화, 경제활동, 인구증가 등으로 인한 소비와 생산활동의 변화를 의미하고, 요인(D)은 환경에 압력(P)으로 작용하게 된다. 압력(P)은 다양한 형태의 상태(S) 변화를 초래하며, 상태변화는 곧 환경영향(I)으로 이어진다. 반응(R)은 부정적 환경영향에 대한 개인, 사회 또는 정부차원에서의 노력에 해당하며 다양한 방지, 완화, 복원정책 등이 이에 해당한다(EEA, 2003; 안소은 등, 2012에서 재인용).

고려할 때 다수의 개별 지표보다는 핵심지표가 중복산정을 피하는데 용이하며, 지표 측정결과와 시간적, 공간적 합산 측면에서도 중복산정을 최소화할 수 있다. 다음으로 효과적인 의사결정 지원을 위해서는 지표의 수가 관리 가능한 범위여야 하며, 지표의 수정·보완을 통해 다양한 의사결정 맥락에 대응할 수 있도록 융통성을 갖고 있어야 한다. 이러한 맥락에서 본고는 핵심 상태지표를 우선적으로 고민하고자 하였으며, 각 기관의 연구경험을 토대로 측정목표-측정항목(측정치표)의 연관성을 담보하고자 하였고, 측정목표별로 하나의 핵심지표 대신 복수의 지표후보군을 제시하여 의사결정 맥락에 따라 적합한 지표를 선택할 수 있도록 설계하였다.

요인-압력-상태-영향-반응(DPSIR) 모델을 기준으로 하면 본고의 지표는 자연, 생태계서비스·편익, 인간후생(삶의 질) 패널을 중심으로 한 상태(S) 지표에 해당한다. 그러나 앞서 언급한 바와 같이 현황진단으로부터 경향분석 및 미래예측으로의 확장을 위해서는 변화요인(D)을 확인할 수 있어야 하고 인간활동(R)의 영향을 측정체계에 반영할 수 있어야 한다. 따라서 향후 변화요인(D) 및 인간활동(R) 지표를 함께 고민하여 D(요인)-S(상태)-R(반응) 영역으로 지표를 개선하는 것이 요구되며, 이는 곧 평가지표를 지속가능성 평가도구로 확장하는 일이 될 것이다.

핵심 평가지표 구성안은 <표 4>와 같다. 먼저 기존의 생태계서비스 범주를 기반으로 측정목표를 세부화 하였으며, 측정목표에 대응하는 측정항목과 지표후보군을 제시하였고, 측정단위(척도)와 구체적 내용을 예시하였다. 측정목표에 대응하는 지표후보군의 선정기준으로는 대표성과 측정가능성을 활용하였다.¹⁰⁾ 전자는 해당 지표가 측정대상의 특성 및 성격을

10) 대표성과 측정가능성의 판단 기준은 지표개발 워크샵 이전에 선행연구를 기반으로 아래와 같이 정리하여 제공되었다.

대표성	제시된 지표와 측정대상인 생태계서비스 항목의 특성간의 직접적이고 과학적인 연관성/상관성의 유무
측정가능성	상 공식통계존재, 시간적·공간적 자료구축 됨, 주기적 업데이트 가능
	중 공식통계는 아닐지라도 일부 통계 가능, GIS/모델링으로 자료구축 가능, 향후 공식통계로 발전 가능성 있음
	하 현재 관련조사 및 연구가 시범적으로 진행 중

자료: 안소은 등(2015), 김충기 등(2017), 주우영 등(2019), 장진 등(2019)

대표하고 있는가 하는 개념적·과학적 측면의 기준으로, 후자는 자료의 가용성을 고려한 현실적인 기준이라 할 수 있다. <표 4>의 지표후보군은 각 기관의 지표 사례연구로부터 축적된 자료를 토대로 대표성과 측정가능성을 기준으로 하여 선별하는 과정을 거쳐 도출하였다.

〈표 4〉 국가 생태계 평가 핵심지표 구성안

구분	측정목표	측정항목; 핵심지표(후보군)	측정단위	내용
공급 서비스	식량	작물생산량, 어업량, 임산물 수확량	ton/yr	식용작물과 식용동물의 제공
	에너지	에너지 생산량 (수력, 바이오연료)	kw/yr	에너지 제공
	원료물질	유용생물 수	개	원료 및 유전자원으로서의 이용
	물(담수)	물 이용량, 생태계 유지용수량	ton/yr	물(담수)제공 기능 (생활용수, 공업용수, 농업용수, 유지용수)
조절 서비스	대기 및 기후조절	오염물질 제거량 (NO _x , SO _x , PM ₁₀ 등)	ton/ha/yr	대기오염물질 제거 및 기후 조절(탄소흡수) 기능
		기후조절 (온실가스 흡수량)	tCO _{2eq} /ha/yr	
	수질 및 수량조절	오염부하량의 저감량 (질소, 인 등)	ton/(ha)/yr	물저장/방출기능 및 오염물질 제거/분해기능
		담수의 기저유출량	ton/(ha)/yr	
	재해조절	홍수시기 유역별저류량, 저류면적 토양침식방지량	m ³ /(ha)/yr, ha ton/ha/yr	자연재해 조절기능(홍수조절) 자연재해 조절기능 (토양유실량 저감)
지지 기능	서식처제공	토양유기탄소 서식처의 양과 질	ton/ha ha, 지수	토양의 형성 및 동·식물 서식처 제공
	생물다양성	생물다양성	지표/지수	생물종다양성 및 생태계다양성
문화 서비스	교육	생태해설사 수, 시설 및 프로그램 수 (참여자 수)	개	교육, 과학적 가치
	휴양·레저· 경관미	(자연기반) 관광 및 방문객 수	인/yr	휴양/여가, 야외활동을 포함한 레저활동, 시각적 경관미
	정체성 지지	자연문화유산 개소 수	개	문화, 종교관련 상징적 자원이 제공하는 정체성지지 및 공간적 안정감

공급서비스(식량, 에너지, 원료물질, 물(담수))는 재화와 유사한 성격으로 직접적인 편익을, 조절서비스(대기 및 기후조절, 수질 및 수량조절, 재해조절)는 생태계가 제공하는 조절기능을 대표하며 사회·경제계로의 간접적 기여를, 지지기능(서식처제공, 생물다양성)은 생태계 자산으로서의

가치를, 문화서비스(교육, 휴양·레저·경관미, 정체성지지)는 생태계가 제공하는 다양한 비물질적인 편익을 담고자 하였다.

특히 조절서비스의 측정목표 설정 시 기능 간의 연관성을 고려하여 양적, 질적 조절기능을 통합하였다. 예를 들어 기존 대부분의 사례연구에서는 수질개선과 수량조절을 독립적인 측정목표로 설정하고 각각에 대해 지표를 선정할 반면 여기서는 수질과 수량조절을 통합하여 하나의 목표로 설정하고, 그 아래 개별지표로 수질과 수량을 배치하였다. 이는 수질과 수량의 연관성이 중요할 경우 하나의 지표로 통합하여 평가하는 것이 가능하기도 하고, 개별 기능의 독립적 평가가 중요할 경우 복수의 지표를 활용하여 평가할 수도 있다는 의미이다. 물론 이는 의사결정 맥락에 따라 결정되는 부분이다.

지지기능의 측정은 생태계의 온전성 또는 건강성 평가를 위한 차선(second alternative)이라 할 수 있다. 즉 측정목표는 생태계의 건강성을 평가하여 자산으로서의 생태계 가치를 측정하는 것인데, 이를 직접적으로 평가하기에는 현실적인 어려움이 많으므로 기능이 제대로 발휘되고 있는지를 평가함으로써 건강성을 간접적으로 평가하는 것이다. 기능이 담보되면 건강성도 담보된다는 논리이다. 따라서 지지기능 측정지표는 대체변수(proxy)에 해당하며 향후 지속적인 개선이 요구된다. 또한 지지기능은 저장량(stock)의 자산가치를 평가하는 것이기 때문에 유량(flow)의 생태계서비스 평가와는 구별되며, 따라서 합산하지 않는 것이 원칙이다. 통상적으로 지지기능은 생물다양성과 서식처 평가로 구분하여 진행한다.

문화서비스는 소비를 동반하는 휴양 기능과 같은 직접적인 편익뿐만 아니라 정체성 지지 등과 같은 간접적인 편익을 모두 포함하기 때문에, 그 범위가 광범위하고 개별 서비스의 특성이 다양하게 차별화된다. 현재 핵심 지표후보군은 측정 가능한 양적 지표로 한정되어 있으나 향후 문화서비스의 본질을 담을 수 있는 서비스 항목 및 다양한 측정 방법론 개발이 필요하다. 문화서비스는 인간후생에 미치는 영향에 비해 국내에서 가장 저평가 되고 있는 영역이기도 하다.

V. 국가 생태계 평가체계와 의사결정

앞서 제시한 국가 생태계 평가체계 개념 틀과 핵심지표 구성안은 평가의 일차적 목적을 고려하여 현황진단을 위한 상태지표에 초점을 두었다고 명시한 바 있다. 여기서는 향후 다양한 의사결정 지원을 위해 평가체계가 어떠한 형태로 확장가능한지 시간적, 공간적, 이해당사자 측면에서 살펴본다.

먼저 시간적 측면에서는 현황진단과 함께 경향분석 및 미래예측이 가능하도록 확장되어야 한다. 경향분석은 과거로부터 현재에 이르기까지 시간의 흐름에 따른 국가 생태계·생태계서비스 변화량 평가를, 미래예측은 특정 변화요인으로 인해 예상되는 국가 생태계·생태계서비스 변화량 평가를 의미한다. 경향분석 및 미래예측 모두 인간활동이 생태계에 미치는 영향을 규명하는 작업이므로 다양한 변화요인(D)을 확인하는 것이 중요하다. 이는 국가 생태계 평가영역을 상태(S)에서 인간대응 및 활동(R)과 변화요인(D)으로 확장하는 것을 의미한다. 경향분석과 미래예측은 각각 과거의 변화요인(예: 토지이용변화)과 다양한 시나리오 분석(예: 기후변화 시나리오)과 연동 가능하며, 이를 바탕으로 정책의 사전(ex-ante) 또는 사후(ex-post) 평가에 대한 기초정보를 제공할 수 있다.

공간적 측면의 확장은 국가 평가체계의 다운스케일링과 관련된다. 생태계·생태계서비스 평가의 공간적 분석단위는 측정대상의 특성 및 분석목적에 따라 국가, 유역, 광역 및 기초지자체, 특정 대상지 등 다양하게 결정될 수 있다. 문제는 상위단계 평가체계인 국가 평가체계의 핵심지표가 다양한 공간적 분석단위에 적용가능한가이다. 이러한 범용성이 담보되지 않으면 측정결과와 합산은 한계가 있다. 따라서 국가 평가체계는 다양한 공간 분석단위에 변형되어 적용할 수 있도록 설계되어야 한다.

이러한 맥락에서 본고는 평가체계 개념 틀을 단순화하고자 하였으며, 핵심지표는 측정목표를 명확하게 공유할 수 있도록 설계하였다. 측정목표가 명확히 공유되면 지표후보군은 상황에 따라 변형 가능할 것이다. 또한 국가 생태계 평가체계는 하향식으로 개발하는 것이 일반적이지만 다양한

공간 스케일을 활용한 사례연구로부터 그 경험이 다시 상향식으로 반영되는 것이 필요하다.

한편 국가 생태계 평가체계는 공간적 다운스케일링뿐만 아니라 다양한 이해당사자 그룹을 포괄할 수 있도록 수정 가능해야 한다. 사회는 다양한 수직적, 수평적 이해당사자 그룹으로 구성되며 그룹 간의 이해관계는 일치하기도 하고 상충되기도 한다. 다양한 이해당사자 그룹을 모두 국가 평가체계에 반영하기는 어려운 일이지만, 최소한 공공, 기업, 일반국민과 생태계 간의 연결고리는 고려하는 것이 바람직하다. <그림 5>에서 일반국민은 ‘인간후생(삶의 질)’ 패널에, 공공부문 및 기업은 ‘인간활동’ 또는 ‘인간형성자본’에 주로 반영되어 있다. 분석목적에 따라 공공정책 및 기업 활동에 따른 생태계 압력요인 또는 변화요인에 대한 구체적 평가가 필요할 수 있으며, 이는 ‘인간활동’ 또는 ‘인간형성자본’ 패널 내 구성요소를 구체화하고 이들 간의 상호작용을 반영함으로써 확장 가능하다.

VI. 결론

본고에서 제시한 평가체계 개념 틀과 핵심 평가지표 후보군은 현재 가용한 정보와 과학적 증거를 기반으로 각 연구기관의 연구경험을 반영하고 전문가 합의를 통해 도출된 결과임을 분명히 하고자 한다. 따라서 제시한 개념 틀과 핵심 평가지표는 참조(reference)로서의 역할이 보다 중요하고 향후 지속적인 노력을 통하여 개선해가는 것이 필요하다.

또한 본고는 국내 생태계·생태계서비스 연구부문에서 상대적으로 적용 사례가 적은 숙의접근법의 활용가능성을 실험하였다는 측면에서 의의가 있다. 숙의과정에 전문가 그룹만을 포함하였다는 한계는 있으나, 국가 생태계 평가체계 구축이라는 목적을 고려할 때 현장에서의 연구경험과 공공부문의 정책형성 과정에 참여해온 다학제적 전문가 그룹을 중심으로 한 숙의과정은 그 출발점이 될 수 있다고 생각된다. 각 기관의 독립적인 선행

연구를 통한 성과 및 시행착오를 공유함으로써 관련 논의를 집중적이고 효율적으로 진행할 수 있다는 측면에서 가능성을 확인하였다.

정책포럼을 통해 도출한 향후과제를 제시하면 다음과 같다. 먼저 국가 연구기관 및 학계에서는 국가 생태계 평가체계의 지속적인 개선 및 지역 평가로의 확장 방법론을 고민해야 한다. 여기에는 개념 틀, 핵심 평가지표, 사례연구 등이 포함된다. 중앙 및 지자체 등의 공공부문에서는 국가·지역 생태계 평가를 위한 제도적·법적 기반 조성, 국가 생태계 평가를 위한 연구기관 및 이해당사자 협의체 구성, 정기적인 국가 생태계 평가 및 보고서 작성, 관련 데이터의 체계적 관리를 위한 데이터 플랫폼 구축, 국민을 대상으로 한 생태계 평가의 중요성 홍보 및 교육 등에 노력해야 한다. 특히 이러한 내용을 추진하기 위해서는 예산확보 및 장기적인 연구 로드맵 마련이 선행되어야 한다.

생태계·생태계서비스는 인간에게 다양한 혜택을 제공하지만 그 연결고리가 간접적인 경우가 대부분이어서 중요성에 대해 국민의 인식정도가 낮다. 이는 생태계·생태계서비스 가치의 저평가와 함께 환경정책 우선순위에서도 밀리는 결과로 이어진다. 눈에 보이지 않기 때문에 생태계·생태계서비스의 중요성이 간과되는 일은 더 이상 없어야 한다. 생태계의 지속가능성을 담보하는 것은 다음 세대를 위한 현세대의 의무이다. 그 첫걸음은 국가 생태계 평가체계 구축 및 적용을 통한 생태계·생태계서비스의 현황 진단일 것이다.

■ 참고문헌 ■

- 권혁수·이재혁·김일권·김성훈·김벼리·김혜란 등, 2017, 『생태계서비스 평가지도 구축』, (NIE-전략연구; 2017-07), 서천군: 국립생태원.
- 김경하·성주한·조재형·양희문·박찬열·박찬우 등, 2016, 『통합 산림관리를 위한 산림 생태계 분석 및 평가-가리왕산 시범경영계획구를 대상으로』, (연구보고; 16-25), 서울: 국립산림과학원.
- 김종호·김래현·윤호중·이승우·최형태·김재준 등, 2012, “산림공익기능의 경제적 가치

- 평가,” 『한국산림휴양학회지』, 16(4), pp.9~18.
- 김충기·홍현정·이현우·주우영, 2017, 『생태계서비스 기반의 자연자본 지속가능성 지수 개발 연구(II)』, (연구보고서; 2017-09), 세종: 한국환경정책·평가연구원.
- 박찬우·천정화·임종환·김선희·박찬열·양희문 등, 2019, 『산림 장기생태정보 빅데이터 활용기반 구축 연구: 2014-2018』, (연구보고; 19-15), 서울: 국립산림과학원.
- 심규원·김태근·한상열·김태균·김승규·전재경 등, 2018, 『국립공원 생태계서비스 가치 평가 연구(I)-북한산·한려해상국립공원을 대상으로』, (NPRI; 2018-18), 원주: 국립공원공단 국립공원연구원.
- 안소은·김지연·배현주·신상철·이병국·이상엽 등, 2012, 『경제사회 지표변화 조사연구: 환경부문』, (경제·인문사회연구회 협동연구 총서), 서울: 한국개발연구원.
- 안소은·김정아·전동준·권영한·노백호, 2014, 『생태계서비스 평가체계 구축(I): 하천생태계를 중심으로』, (기후환경정책연구; 2014-02), 세종: 한국환경정책·평가연구원.
- 안소은·김지은·노백호·권영한, 2015, 『생태계서비스 평가체계 구축(II): 하천생태계를 중심으로』, (기후환경정책연구; 2015-02), 세종: 한국환경정책·평가연구원.
- 오우석·최성록·권혁수·이윤경·정필모·신지선 등, 2015, 『지속가능한 국토이용을 위한 생태계서비스(생태가치) 평가』, (NIE-전략연구; 2015-03), 서천군: 국립생태원.
- 이현우·김충기·홍현정, 2016, 『생태계서비스 기반의 자연자본 지속가능성 지수 개발 연구(I)』, (연구보고서; 2016-05), 세종: 한국환경정책·평가연구원.
- 장진·김보현·김경진·심규원·김태근·서새별 등, 2018, 『국립공원 생태계서비스 가치평가 연구(II)-지리산·경주·다도해해상국립공원을 대상으로』, (NPRI; 2018-19), 원주: 국립공원공단 국립공원연구원.
- 장진·김보현·심규원·유병혁·김진원·서새별 등, 2019, 『2019 국립공원 생태계서비스 가치평가 연구-설악산·덕유산·무등산·변산반도국립공원을 대상으로』, (NPRI; 2019-39), 원주: 국립공원공단 국립공원연구원.
- 주우영·권혁수·장인영·배해진·정필모·방은주 등, 2016, 『국가 생태계서비스 평가-국가 생태계서비스 평가 보고서 발간을 위한 기초 연구』, (NIE-전략연구; 2016-03-2), 서천군: 국립생태원.
- 주우영·권혁수·장인영·정필모·김무한·박홍준 등, 2017, 『전국 단위 생태계서비스 평가 체계 수립을 위한 연구』, (NIE-전략연구; 2017-03), 서천군: 국립생태원.
- 주우영·권혁수·여인애·장인영·정필모·이규철 등, 2019, 『핵심 생태자산과 생태계서비스 가치 평가 및 보전방안 연구』, (NIE-전략연구-2019-03), 서천군: 국립생태원.
- Abelson, J., P. G. Forest, J. Eyles, P. Smith, E. Martin, and F. P. Gauvin, 2003, “Deliberations about deliberative methods: Issues in the design and evaluation of public participation processes,” *Social Science and Medicine*, 57(2), pp.239-251, DOI: 10.1016/s0277-9536(02)00343-x.

- Albert, C., B. Burkhard, S. Daube, K. Dietrich, B. Engels, and J. Frommer et al., 2015, *Development of national indicators for ecosystem services*, Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- Albert, C., A. Bonn, B. Burkhard, S. Daube, K. Dietrich, and B. Engels, et al., 2016, "Towards a national set of ecosystem service indicators: Insights from Germany," *Ecological Indicators*, 61, pp.38-48, DOI: 10.1016/j.ecolind.2015.08.050.
- Boyd, J. and S. Banzhaf, 2007, "What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units," *Ecological Economics*, 63, pp.616-626, DOI: 10.1016/j.ecolecon.2007.01.002.
- Brink, E., T. Aalders, D. Ádám, R. Feller, Y. Henselek, and A. Hoffmann et al., 2016, "Cascades of green: A review of ecosystem-based adaptation in urban areas," *Global Environmental Change*, 36, pp.111-123, DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2015.11.003.
- Castro, A. J., M. García-Llorente, B. Martín-López, I. Palomo, and I. Iniesta-Arandia, 2014, Multidimensional approaches in ecosystem service assessment, In D. Alcaraz-Segura, C. D. Di Bella, and J.V. Straschnoy (Eds), *Earth observation of ecosystem services*, (pp.441-468), Boca Raton: CRC Press.
- Cordier, M., J. A. P. Agúndez, W. Hecq, and B. Hamaide, 2014, "A guiding framework for ecosystem services monetization in ecological-economic modeling," *Ecosystem Services*, 8, pp.86-96, DOI: 10.1016/j.ecoser.2014.03.003.
- de Groot, R. S., R. Alkemade, L. Braat, L. Hein, and L. Willemen, 2010, "Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management, and decision making," *Ecological Complexity*, 7(3), pp.260-272, DOI: 10.1016/j.ecocom.2009.10.006.
- Diaz, S., S. Demissew, J. Carabias, C. Joly, M. Lonsdale, and N. Ash et al., 2015, "The IPBES conceptual framework-Connecting nature and people," *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, pp.1-16.
- Diaz, S., U. Pascual, M. Stenseke, B. Martin-Lopez, R. T. Watson, and Z. Molnar et al., 2018, "Assessing nature's contributions to people," *Science*, 359(6373), pp.270-272, DOI: 10.1126/science.aap8826.
- Diehl, K., B. Burkhard, and K. Jacob, 2016, "Should the ecosystem services concepts be used in European Commission impact assessment?," *Ecological Indicators*, 61, pp.6-17, DOI: 10.1016/j.ecolind.2015.07.013.
- EEA, 2003, *Environmental indicators: Typology and use and reporting*, Copenhagen: EEA.
- EME, 2012, *Evaluación de los ecosistemas del milenio de Espana-Ecosistemas y*

- Biodiversidad de Espana para el Bienestar Humano (Ecosystems and Biodiversity in Spain for Human Welfare)*, Fundacion Biodiversidad, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- _____, 2014, *Valoración económica de los servicios de los ecosistemas suministrados por los ecosistemas de España; (Economic Valuation of Ecosystem Services Provided by Ecosystems of Spain)*, Fundacion Biodiversidad, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Fearon, J. D., 1998, Deliberation as discussion, In J. Elster (Ed.), *Deliberative democracy*, (pp.44-68), Cambridge: Cambridge University Press.
- Fisher, B., R. K. Turner, and P. Morling, 2009, "Defining and classifying ecosystem services for decision making," *Ecological Economics*, 68(3), pp.643-653, DOI: 10.1016/j.ecolecon.2008.09.014.
- Goldstein, J. H., G. Caldarone, T. K. Duarte, D. Ennaanay, N. Hannahs, and G. Mendoza et al., 2012, "Integrating ecosystem-service tradeoffs into land-Use decisions," *PNAS*, 109(19), pp.7565-7570, DOI: 10.1073/pnas.1201040109.
- Haines-Young, R. and M. Potschin, 2010, The link between biodiversity, ecosystem services and human well-being, In D. Raffaelli and C. Frid (Eds.), *Ecosystem ecology: A new synthesis*, (pp.110-139), Cambridge: Cambridge Press.
- _____, 2018, *Common international classification of ecosystem services (CICES) V5.1: Guidance on the application of the revised structure*, Nottingham: Fabis Consulting Ltd.
- Hering, D., L. Carvalho, C. Argillier, M. Beklioglu, A. Borja, and A. C. Cardoso et al., 2015, "Managing aquatic ecosystems and water resources under multiple stress-An introduction to the MARS project," *Science of the Total Environment*, 503-504, pp.10-21, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2014.06.106.
- Honrado, J. P., C. Vieira, C. Soares, M. B. Monteiro, B. Marcos, and H. M. Pereira et al., 2013, "Can we infer about ecosystem services from EIA and SEA practice? A framework for analysis and examples from Portugal," *Environmental Impact Assessment Review*, 40, pp14-24, DOI: 10.1016/j.eiar.2012.12.002.
- JBO, 2010, *Japan biodiversity outlook 1- Report of comprehensive assessment of biodiversity in Japan*, Tokyo: Nature conservation Bureau, Ministry of the Environment, Government of Japan.
- _____, 2016, *Japan biodiversity outlook 2-How is nature related to human well-being?*, Tokyo: Nature conservation Bureau, Ministry of the Environment, Government of Japan.

- Kaartinen, R., B. Hardwick, and T. Roslin, 2013, "Using citizen scientist to measure an ecosystem services nationwide," *Ecology*, 94, pp.2645-2652, DOI: 10.1890/12-1165.1.
- Kandziora, M., B. Burkhard, and F. Müller, 2013, "Interactions of ecosystem properties, ecosystem integrity and ecosystem service indicators-A theoretical exercise," *Ecological Indicators*, 28, pp.54-78, DOI: 10.1016/j.ecolind.2012.09.006.
- Kelemen, E., G. Nguyen, T. Gomiero, E. Kovács, J. P. Choisis, and N. Choisis et al., 2013, "Farmer's perceptions of biodiversity: Lessons from a discourse based deliberative valuation study," *Land Use Policy*, 35, pp.318-328, DOI: 10.1016/j.landusepol.2013.06.005.
- Kenter, J. O., T. Hyde, M. Christie, and I. Fazey, 2011, "The importance of deliberation in valuing ecosystem services in developing countries-Evidence from the Solomon Islands," *Global Environmental Change*, 21(2), pp.505-521, DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2011.01.001.
- Kenter, J. O., M. S. Reed, and I. Fazey, 2016, "The deliberative value formation model," *Ecosystem Services*, 21, pp.194-207, DOI: 10.1016/j.ecoser.2016.09.015.
- MA (Millennium Ecosystem Assessment), 2005, *Ecosystems and human well-being: Synthesis*, Washington, D.C.: Island Press.
- Matlby, E., D. V. Hogan, and R. J. McInnes, 1996, *Functional analysis of European wetland ecosystems-Phase 1 (FAEWE)*, (Final report EC DG XII CT90-0084, EUR 16132), Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- OECD, 2012, *OECD environmental indicators 2012: Development, measurement, and use*, Paris: OECD.
- Pereira, H. M., S. Ferrier, M. Walters, G. N. Geller, R. H. G. Jongman, and R. J. Scholes et al., 2013, "Essential biodiversity variables," *Science*, 339(6117), pp.277-278, DOI: 10.1126/science.1229931.
- Potschin-Young, M., R. Haines-Young, C. Görg, U. Heink, K. Jax, and C. Schleyer, 2018, "Understanding of conceptual frameworks: Reading the ecosystem service cascade," *Ecosystem Service*, 29, pp.428-440, DOI: 10.1016/j.ecoser.2017.05.015.
- Raymond, C. M., J. O. Kenter, T. Plieninger, N. J. Turner, and K. A. Alexander, 2014, "Comparing instrumental and deliberative paradigms underpinning the assessment of social values for cultural ecosystem services," *Ecological Economics*, 107, pp.145-156, DOI: 10.1016/j.ecolecon.2014.07.033.

- TEEB, 2010, *The economics of ecosystems and biodiversity: Ecological and economic foundations*, In P. Kumar (Ed), London; Washington, D.C: Earthscan.
- UK NEA, 2011, *The UK national ecosystem assessment: Technical report*, Cambridge: UNEP-WCMC.
- , 2014, *The UK national ecosystem assessment: Follow-on*, Cambridge: UNEP- WCMC.
- Wallace, K. J., 2007, "Classification of ecosystem services: Problems and solutions," *Biological Conservation*, 139, pp.235-246, DOI: 10.1016/j.biocon.2007.07.015.

안소은: 현재 한국환경정책·평가연구원 지속가능전략연구본부 선임연구위원으로 재직 중이며, 환경가치의 개념 및 다학제적 측정연구를 수행하고 있다(seahn@kei.re.kr).

주우영: 현재 국립생태원 생태계서비스팀 책임연구원으로 재직 중이며, 생태계서비스 평가와 정책 활용 방안 연구를 수행하고 있다(wyjoo@nie.re.kr).

신유진: 현재 국립산림과학원 기후변화생태연구과 석사연구원으로 재직 중이며, 산림관리를 위한 생태계서비스 개념의 도입 및 추정연구를 수행하고 있다(shinyujin@korea.kr).

장진: 현재 국립공원공단 국립공원연구원 정책연구부 책임연구원으로 재직 중이며, 국립공원 생태계서비스 가치평가 연구를 수행하고 있다(jinimi0903@knps.or.kr).

권혁수: 현재 국립생태원 생태계서비스팀 선임연구원으로 재직 중이며, 생태계서비스 평가지도 구축 및 생태계서비스 기반 자연자원총량제 연구를 수행하고 있다(ulmus@nie.re.kr).

김충기: 현재 한국환경정책·평가연구원 물국토연구본부 연구위원으로 재직 중이며, 해양 및 육상 생태계서비스 연구를 수행하고 있다(ckkim@kei.re.kr).

김현노: 현재 한국환경정책·평가연구원 지속가능전략연구본부 부연구위원으로 재직 중이며, 환경가치 및 환경규제 관련 연구를 수행하고 있다(hnkim@kei.re.kr).

설아라: 현재 국립산림과학원 산림산업연구과 임업연구사로 재직중이며, 임업 및 산림 생태계서비스 증진을 위한 산림정책을 연구하고 있다(araseol@korea.kr).

이홍림: 서울대학교에서 농업·자원경제학으로 석사학위를 취득하고 현재 한국환경정책·평가연구원 환경경제연구실에 연구원으로 재직중이다. 주요 관심분야는 비시장재 가치추정, 정책 후생효과 분석 등이다(hllee@kei.re.kr).

최원일: 현재 국립산림과학원 기후변화생태연구과 임업연구관으로 재직 중이며, 산림생태계 관련 연구를 수행하고 있다(wchoi71@korea.kr).

허학영: 현재 국립공원공단 국립공원연구원 정책연구부 선임연구위원으로 재직 중이며, 보호지역 관련 현안·미래 정책개발 등의 연구를 총괄하여 수행하고 있다(hagyoung.heo@knps.or.kr).

투 고 일: 2020년 04월 01일
심 사 일: 2020년 04월 08일
게재확정일: 2020년 05월 17일