

Study Note

## 자연생태 전망평가체계 마련을 통한 환경영향평가 및 정책 활용방안 고찰

이후승

한국환경연구원 환경평가본부

### A Review on Environmental Impact Assessment and Policy Utilization through the Establishment of Ecological Outlook and Evaluation System

Who-Seung Lee

Environmental Assessment Group, Korea Environment Institute

**요약:** 기후변화와 무분별한 개발 등으로 인해 생물다양성의 감소와 멸종 위험이 심각해짐에 따라 자연생태계에 대한 보전의 중요성이 높아지고 있다. 이러한 상황에서 본 연구는 자연자원과 생태계 변화 등에 대한 정보제공을 목적으로 한 평가기반의 자연생태 전망평가체계에 대한 국외 사례를 검토하였다. 결과로서 국외에서는 국내와 유사하게 다양한 조사기관에서 분류군별 조사를 수행하고 있으며 조사된 자료가 통합적으로 수집·관리되고 단기간에 지속적으로 제공되고 있다. 또한 기초조사 자료와 함께 평가기반의 예측·전망 정보를 제공함으로써 국가정책 및 환경영향평가 등에서의 활용도가 높은 것으로 조사되었다. 이를 바탕으로 국내 자연생태 조사 현황과 환경영향평가 등에서의 정보이용의 한계성을 분석하고 자연생태 정책수립 지원 등 정보로서의 자연생태 전망평가체계 작성 필요성에 대해 고찰하였다. 또한 제안된 자연생태 전망평가 등의 다양한 정보를 통해 국내 자연생태계 정책에 효과적으로 활용할 수 있는 정책방향을 제안하였다.

**주요어:** 생물다양성, 생태, 환경, 생물종, 시민과학

**Abstract:** As the risk of biodiversity reduction and extinction becomes serious due to climate change and indiscriminate development, the importance of conservation of the natural environment and ecosystem is increasing. In this situation, I reviewed that overseas cases of the ecological outlook and evaluation system aimed at providing information on natural resources and ecosystem change. As a results, other countries showed that various research institutes have been carrying on field surveys by classification group, but it was different from us that the investigated data are collected and managed in an integrated manner and repeatedly provided within a short period of time. In addition, it was analyzed that it was highly utilized in policy and environmental impact assessment by providing evaluation-based prediction and outlook information along with basic survey data. Based on this, the limitations of information use in our wildlife surveys and environmental impacts

assessments were analyzed, and the establishment of a ecology outlook and evaluation system and policy support measures were considered. In addition, based on the proposed outlook and evaluation system preparation plan, a policy direction that can be effectively used in domestic natural ecosystem policies was proposed.

Keywords : Biodiversity, Ecology, Environment, Species, Citizen science

## I. 서론

자연자원은 우리의 삶과 경제 발전에 중요한 역할을 하며, 생물다양성의 안정된 지속은 자연자원을 유지하고 보전하는데 매우 중요한 토대를 제공한다 (Silvestro et al. 2022). 생물다양성은 생태계의 안정성과 기능을 유지하는데 필수적이며, 인간의 생활에도 의식주 제공(e.g., Brauman et al. 2007) 및 질병예방(Wood et al. 2014) 등 직·간접적으로 영향을 미치는 핵심적인 요소이다(Smith 1996). 하지만 기후변화와 무분별한 개발 등으로 인해 생물다양성의 감소와 멸종 위험이 커지고 있는 현실에 직면하고 있다(Segan et al. 2016). 특히, 자연생태 분야는 지속 가능 성장(또는 발전)에 최적화된 분야와 달리 지속적인 안정이나 균형이 유지되는 것이 우선시되어야 하는 특이성을 가지고 있으나, 국내에서는 이를 평가할 수 있는 체계와 지속적인 평가결과의 도출과 미래 방향에 대해서는 아직 미흡한 수준이다.

전지구적인 환경변화에 있어 생물다양성을 보전하고 지속가능한 자연자원 관리를 위한 대응책을 수립하는데 필요한 정보를 제공하는 방안이 지속적으로 제시되고 있다(see Arneeth et al. 2023). 국제사회에서는 생물다양성협약을 통해 각 국가별로 생물다양성 현황을 지표를 통해 보고하도록 하고 있으며, 일부 국가에서는 생물다양성에 대한 전망(outlook) 결과를 제시하고 있다. 생물다양성 전망보고서는 현재의 생물다양성 상태를 파악하고, 기후변화 등의 환경변화에 따른 미래의 다양성 변화를 예측하여 자연자원의 보전과 관리에 대한 기반을 마련하는 것을 목적으로 한다(Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2020). 특히 다양한 생태계와 생물종의 상태를 파악하고 문제점을 식별함으로써 자

연생태 정책의 방향을 결정하는데 기여하고, 나아가 기후변화 등과 같은 전지구적 문제에 대한 정책결정의 기반자료를 제시함으로써 자연자원 관리에 필요한 지속가능한 접근방안을 수립하는데 기여한다.

국내의 경우 자연자원에 대한 모니터링이 1960년대부터 국가차원에서 지속적으로 수행하고 있으나 (Lee et al. 2020), 수집된 자료에 대한 대국민 공개, 생물다양성 관련 평가에 기반한 미래전망을 예측 등의 연구는 부족한 실정이다. 특히 자연자원에 대한 모니터링 결과는 일부 제공되지만 이용에 제한성이 높아 환경영향평가 등의 활용을 위한 체계적인 분석에는 어려움이 있다. 따라서 본 논문에서는 국가 자연생태 정보에 대한 생물다양성 전망을 위한 평가체계의 국외 사례를 분석하고 국내 자연환경 조사현황에 대한 분석과 예측·전망을 위한 평가체계 구축을 통해 국내 자연환경정책, 특히 환경영향평가 등에서의 활용방안에 대해 고찰하고자 한다.

## II. 국내 자연생태 분야의 모니터링 현황

### 1. 자연생태 기초조사 현황 및 시사점

자연생태정책 이행에 있어 기초가 되는 것은 국내 자연환경에 대한 체계적인 현황정보라 할 수 있다. 특히 자연환경의 학문적 특성을 고려할 때, 장기간에 걸쳐 다양한 공간에서 지속적으로 모니터링된 결과를 토대로 생물다양성 등의 생태기반의 평가가 이행되는 것이 필요하다. 국내에서는 육상, 해상, 산림 등 생태계에 따라 자연환경 모니터링이 실시되었는데, 2022년 기준으로 환경부 및 산하·소속기관(국립환경과학원, 국립생물자원관, 국립공원공단, 국립생태원, 국립호남권생물자원관, 국립낙동강생물자원관 등), 해양수산부(해양생물자원관, 해양환경공단 등), 과학기

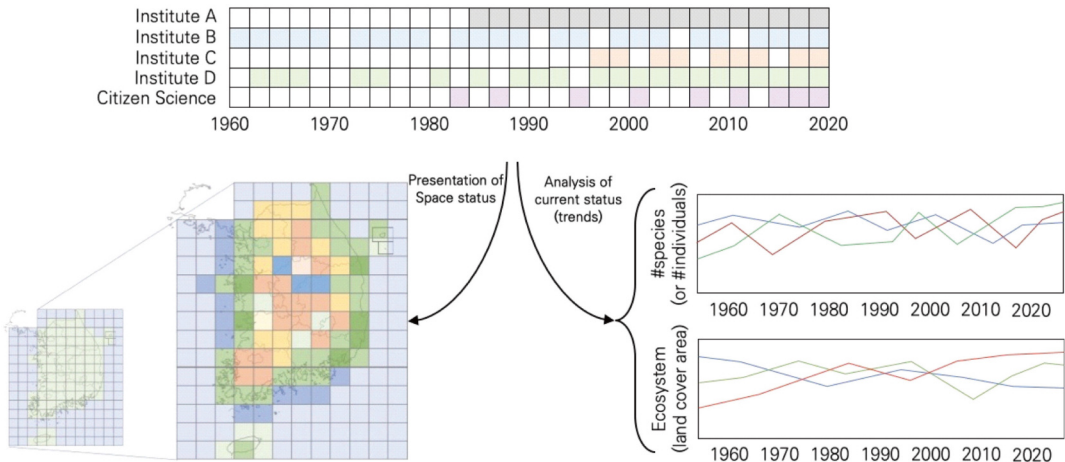
Table 1. Lists of major wildlife survey programs in Republic of Korea

Ecosystem	Ministry	Major Programs	Period
Terrestrial Island Freshwater	Ministry of Environment	• National Ecosystem Survey	1986~present
		• Winter Waterbird Census of Korea	1999~present
		• National Park Nature Resource Survey	1991~present
		• Ecological Survey on Uninhabited Islands	1998~present
		• Long-term Ecological Research in Korea	2004~present
Ocean	Ministry of Oceans and Fisheries	• National Investigation of Marine Ecosystem	2015~present
		• Serial Oceanographic Observations	1961~present
		• Basic Survey of Coastal Wetland Ecosystem	1999~2013
Freshwater	Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs	• National Survey on Biological diversity and Biological season	2017~present
		• Survey of invertebrates in Paddy fields	2005~2007
Terrestrial Island Ocean	Cultural Heritage Administration	• Periodic Survey of National designated cultural properties	2009~present
		• Pathway of Natural Monuments(Animal)	1999~present
Forest	Korea Forest Service	• Forest Health Vitality Monitoring	2011~present
		• Long-term survey of Forest Ecosystem	1995~present
		• Forecast on forest disease and pest	1968~present
		• Resource status of Baekdudaegan Mountain range	2006~present

술정보통신부(한국생명공학연구원 등), 농림축산식품부(국립농업과학원 등), 문화재청(국립문화재연구원 등), 산림청(국립산림과학원 등) 등의 중앙정부와 지방정부(울산광역시 등)에서도 추진되고 있다(Table 1). 또한 다양한 시민단체에서 시민과학으로써 수행

되는 지역기반의 자연환경 모니터링(갯벌키퍼스, 네이처링 등)도 고려하면 국내에서의 자연생태 분야의 모니터링은 장기적으로 다양한 공간, 즉 다양한 생태계에서 수행되고 있다(Lee et al. 2020).

환경부를 중심으로 한 모니터링 자료로서의 생물·



Exposure to the limitations of future prospect  
by analyzing the current status of wildlife survey data

Figure 1. Limitations of information provision due to analysis of basic status of survey data

생태계 정보를 제공하고 있어 정책활용을 위한 정보로서의 활용성은 아직 낮은 상황이다. 예를 들어, 전국자연환경조사나 전국무인도서자연환경조사 등은 생태계 정보를 제공하고 있지만, 환경영향평가 시 문헌자료로서의 참고이외에는 자연환경 연구 및 기후변화영향 등 중요 정책결정에 있어 활용성을 높이기 위한 노력의 필요성이 보고되고 있다(see Jung et al. 2007). 이는 지금까지 자연환경에 대한 기초자료 수집을 중심으로 조사관련 정책이 수립되었고 정책활용을 목적으로 한 연구·분석에 대한 투자는 상대적으로 부족했기 때문인 것으로 판단된다.

Figure 1에서 보듯이 다양한 자연생태 조사가 각 부처별로 수행되고 있고 이를 종합하면 국내 대부분의 생태계에서의 조사결과를 정리할 수 있지만, 기초적인 현황분석 중심으로 자료가 제공되고 있어 자연생태 정책지원을 위한 정보로서의 활용성은 부족한 편이다. 즉, 시민과학을 포함한 자연생태 조사는 다양하지만, 정책이나 환경영향평가에 필요한 정보를 도출함에 있어서는 아직 미흡함을 의미한다. 이는 환경영향평가에 있어서도 비슷한데 환경영향평가서 작성에 있어 자연생태 측면의 영향예측에 대한 기법 연구가 미흡함으로 인해(Park and Choi 2018) 평가방법의 적정성이나 결과해석의 문제점을 검토하기보다 기초 현황조사의 적정성을 우선적으로 검토하고 있다. 따라서 자연환경 분야의 기초조사와 전문적인 평가기술을 개발하는 역할을 구분하고, 전문가 그룹의 경우도 기초조사와 기술평가 측면에서 구분할 필요가 있음을 시사한다.

## 2. 정책활용의 한계성

국내에서 수행되는 국가차원의 자연환경조사는 국가면적과 기후대 및 생태계다양성 등을 고려할 때 예산, 인력, 조사기간 등은 선진국 대비 적정한 수준이나(Lee et al., 2019), 부처 간 조사지역의 중복이 높고 조사의 목적도 대부분 기초자료 수집에 국한하고 있어 정책활용성을 고려한 체계적인 조사계획을 수립하지 못하는 한계성도 가지고 있다. 특히 자연환경은 표준화된 조사방법<sup>1)</sup>을 통해 일관되게 수행하는 것이 기본이 되어야 함에도 불구하고, 종종 정책방향

등의 변경에 따라 조사시기, 조사대상의 우선순위 및 조사매뉴얼 등이 함께 변경되는 경우도 있었다(see Kwon et al. 2020). 영국 등 주요 선진국에 비해 국내 자연환경 조사는 생물자원 조사인력이 충분하지 못하고 조사기법의 고도화 측면에서 한계성은 있으나, 조사지역과 방법과 시기 등 최소한의 원칙적인 부문에서 통합되지 못한 부분으로 인한 문제점은 다양하게 보고된바 있다(e.g., Cha 2000, Lee et al. 2019). 더불어 조사자료를 이용하여 정책지원에 필요한 분석결과를 도출함에 있어, 전술한 한계성을 극복할 수 있는 고도화된 분석기법의 개발·활용보다는 기초적인 수준의 분석방법에 의존하고 있어 정책지원 측면에서 한계성이 나타나고 있다.

우리나라의 생물다양성 현황은 어떠한가? 1960년부터 다양한 자연환경조사가 수행되었음에도 불구하고 아직 국내 생물다양성에 대한 정량적인 분석결과는 부족하다. 이는 자연환경 모니터링은 풍부한데 비해 기초적인 생물다양성 현황에 대한 분석이 미흡하였음을 의미한다. 물론 토지피복도 등 공간적 자료를 이용한 분석결과는 생태계다양성 관점에서 수행되고 있지만(e.g., Park et al. 2016), 생물종 중심의 분석은 시공간적으로 제한된 조사와 분석기법의 한계로 인해 정책적 활용이 미비하였다. 예를 들어, ‘국가생물다양성 통계자료집’(National Institute of Biological Resources 2021)은 국내 생물종 수, 우점종 수, 표본 보유 현황 등 자료의 현황을 제시하고 있으나, 정책결정에 필요한 기준이나 근거가 될 수 있는 평가결과나 생태적 정보(ecological information)로는 한계가 있다. 또한 국립생태원 ‘에코뱅크’는 지역별 조사자료, 지표종 정보, 로드킬 발생빈도 등 공간화된 현황자료 제공을 목적으로 운영하고 있지만, 직관적인 정책지원 정보의 부재하고, 특히 환경영향평가 등에 있어 법정보호종에 대한 정보는 법적으로 제한되는 등 실질적인 측면에서 미흡하다(Sung et al. 2018).

환경영향평가 등 자연환경 정책결정에 주로 이용되는 ‘생태·자연도’는 “자연이 가지고 있는 생태성과 자연성을 지도화하여 자연환경을 분석하고, 보전하

1) 분류군별 조사방법은 대부분 유사하나 조사기간, 조사시간 및 조사인력 등 조사추진·운영에 있어 표준화가 부족하다.

는데 중요한 인자로 사용”(Jun and Jung 1998)을 목적으로 작성·제공되고 있다. 생태·자연도는 환경부에서 수행 중인 대부분의 자연환경 조사 결과를 토대로 작성된다(예, 전국자연환경조사, 백두대간보호지역 생태계조사, DMZ일원생태계조사, 전국무인도서자연환경조사, 특정도서정밀조사, 전국해안사구자연환경조사, 내륙습지 기초조사, 내륙습지 정밀조사, 하구역생태계정밀조사, 멸종위기야생생물 전국분포조사, 생태·경관보전지역 정밀조사, 생태·경관우수지역 발굴조사, 겨울철조류동시센서스, 멸종위기야생생물 증식복원사업 등). 정책의사결정 과정에서 생태·자연도는 크게 세 가지 등급으로 구분되어 활용된다(“자연환경보전법 시행령” 제28조2항 참조): 1등급-자연환경의 보전 및 복원, 2등급-자연환경의 보전 및 개발·이용에 따른 훼손의 최소화, 3등급-체계적인 개발 및 이용.

생태·자연도는 자연환경 분석을 위한 기반으로 생물다양성 등 자연환경의 현황정보를 제공하나 환경영향평가 등에서의 정책활용 한계성은 지속적으로 제기되어 왔다(Yun and Shin 2015, Ahn et al. 2015, Jung et al. 2017). 이는 생태·자연도 등급에 영향을 주는 주된 요인이 중요 식생군락이나 멸종위기야생생물의 서식·번식지로 정책활용과 연계되는 생태적 특성이 등급에 충분히 반영되지 못하기 때문이다. 예를 들어, 육상풍력발전사업에 대한 환경영향평가 시, 자연환경 측면에서 자연경관 및 지형훼손 그리고 조류와 박쥐 등 특정 피해종에 대한 영향이 예측됨에도 불구하고 대부분 식생기반으로 등급화된 생태·자연도는 풍력발전 운영으로 인한 생태계 영향을 예측·평가함에 있어 한계성이 확인된다(see Lee et al. 2019). 즉, 우수한 식생군락 자생으로 인해 생태·자연도1등급으로 지정된 경우, 발전기 설치에 따른 조류 및 박쥐의 충돌위험 등 사업으로 인한 환경영향에 대한 판단, 즉 환경영향평가 협의과정에서 참고할 수 있는 정보로서는 충분하지 못하다. 참고로 국외에서는 생물의 생태적 특성의 다양성을 반영하여 통합된 단일정보가 아닌 생물종 또는 분류군에 따른 개별적인 정보를 환경영향평가 등의 정책결정에 이용한다. 예를 들어, 아일랜드에서의 풍력발전사업을 추진함에 있어

직접적인 영향을 받는 조류의 다양성 현황정보를 이용하고 있다(McGuinness et al. 2015). 이는 국내에서도 생물의 생태적 특성을 고려한 체계적이고 구분된 자연환경 정보가 구축되고 이를 토대로 자연환경 관련 정책이행에 활용되는 것이 필요함을 시사한다.

### III. 국외 자연환경조사 및 생물다양성 정책활용 현황

#### 1. 영국의 기초조사와 연계활용 사례

영국은 국가차원 및 지역차원에서의 생물다양성 관련 기초조사를 지속적으로 수행하고 있다. 특히, 각 분류군별로 지역기반의 조사를 실시하거나 나비, 벌 등의 주요 대상종(target species)을 선정하고 관련된 모니터링이 장기적으로 수행되고 있는데(Table 2) 대부분 1-3년의 주기로 조사가 실시된다(Burkmar 2017). 예를 들어, 영국 조류(bird)현황에 대한 기초 모니터링은 영국조류협회(British Trust for Ornithology, BTO), 왕실조류보호협회(Royal Society for the Protection of Birds, RSPB) 및 NGOs 등에서 수행한다(Gilbert et al. 2012). 또한 조사 결과를 이용한 정보생산이나 학술적 연구는 정부기관 및 대학 등에서 수행하도록 이원화되어 있다(Lee et al. 2019). 즉, 모니터링을 통한 자료수집과 수집된 자료를 이용한 정보생산의 이원화된 체계를 구축·운영함으로써 생물다양성 관련 정책지원 및 환경영향평가 등 다양한 정책결정에 활용되고 있다.

영국은 또한 환경식품농무부(Department for Environment, Food and Rural Affairs, DEFRA)에서 발간하는 ‘UK Biodiversity Indicators’를 통해 자연생태 현황을 분석하고 결과들은 환경영향평가 등 정책결정에 이용한다(Sobkowiak 2022). 자연환경 정보로 제공되는 지표는 외래종에 대한 압력, 보호지역 및 서식지 연결성, 서식지 및 종 현황, 우선 보호 대상종 현황, 농지/산림/습지/바다에서의 조류, 곤충·식물·포유류 현황, 어류크기 및 산림 온실가스 흡수 등의 자연환경 조사 결과로 공간정보로써 제공되며, 이는 생물다양성 보전 및 환경영향평가에 대한 검토 등 정책결정에 필요한 정보 및 각 항목의 상태

Table 2. Lists of biodiversity monitoring in major countries

Group	UK	Australia	Japan
Plant	The National Plant Monitoring Scheme	Vegetation Surveys AusPlots Field Survey Flora and Fauna Surveys Native Seed Survey Native Vegetation Survey	Specific Plant Community Survey Big Trees Survey Inventory of Flora
Mammal	Bat conservation trust surveys People's trust for endangered species surveys Mammal Society Surveys	Wildcount Native Animal Monitoring Terrestrial Vertebrate Fauna Survey Survey for Australia's threatened bats Bat Monitoring Program Survey of the bat fauna	Mammals Distribution Survey Specific Mammals Habitat Survey
Bird	Breeding Bird Survey Wetland Bird Survey Garden Birdwatch	National Shorebird Monitoring Woodland Birds Monitoring Community Bird Monitoring Monitoring of Waterbirds Breeding	Bird Distribution Survey Bird Banding Survey Monitoring Sites 1000 (Forests and Grasslands Research Terrestrial Birds) Census on Anatidae Population Monitoring Sites 1000 (Geese and Ducks Surveys) Shorebird Survey Little Tern Survey Monitoring Sites 1000 (Seabird Surveys)
Amphibious/ Reptiles	National Amphibian and Reptile Recording Scheme Garden Dragong Watch Natterjack Toad Programme Sand Lizard Programme Reptile Genebank Record Pool Connecting the dragons Sankes in the heather Genes in the Dunes Pool from the monitoring Saving Scotland's Amp	Forest Protection Survey Program - Reptiles Survey for Australia's Threatened frogs Australian Museum Herpetology Projects	Amphibians and Reptiles Distribution Survey
Insect	UK ladybird survey UK butterfly monitirong Scheme Butterfly conservation-recording and monitoring Big butterfly count Bumblebee conservation trust survey Rothamsted Insect Survey Big Pond Dip	Biting Insect Survey Insect Fauna Survey Native Bee Survey Big Butterfly Count CSIRO Bee Trap Surveys	Insects Distribution Survey

(state)를 제공하는데 목적을 두고 있다(Sobkowiak 2022).

자연환경 정책판단의 기초가 되는 생물다양성 연간 평가는 영국 스코틀랜드 감사원(Audit Scotland)에서 발간하는 'Environment, Sustainability and Biodiversity (ESB)' 연간보고서 등을 통해 국가차원의 지표와 달리 지역기반의 자연환경 정보를 제공한

다(Audit Scotland, 2021). ESB는 2008년부터 탄소 배출량 측정과 배출량을 축소하기 위한 전략을 개발해왔다. 특히 ESB는 배출량 감소 목표를 지속적으로 반영하고 있으며, 목표 달성과 관련된 환경, 지속가능성 및 생물다양성 측면에서의 연간현황과 미래방향을 제시하고 있다. 감사원의 정보생산은 통계청에서 제공하는 자료의 시계열적 현황과 달리 환경영향평가

등에 활용가능한 영향예측의 기반이 되는 정보제공이나 주어진 환경변화(예, 기후변화 등)에 따른 미래예측 등의 정보를 제공한다.

## 2. 호주의 기초조사와 연계활용 사례

호주는 영국과 유사하게 분류군별 현황을 전국단위로 수행하고 있고 특히 벌, 박쥐 및 도요물떼새 등과 같은 생물다양성 관련 주요 종을 선정하고 정밀모니터링을 실시한다(Table 2). 자연환경 조사에 대한 주요 조사 프로그램은 분류군별로 다양하며, 약 327개 이상의 기관에서 수행되는 자연환경 조사 결과(중정보, 위치정보, 환경유전자 등)는 DB형태로 운영되는 호주 리빙 아틀라스(Atlas of Living Australia, ALA)에서 통합관리되고 있다. 특히, 조사대상종, 조사지역 및 조사기간이 각 조사프로그램마다 달라 분석 및 정책활용에 한계성이 있지만, 통합된 DB로서 ALA에서 종합관리함으로써 종-지역-기간의 상이함으로 인한 분석의 한계성을 최소화하고 있다는 점이 특징이라 할 수 있다. 즉, 시·공간적으로 파편화된 자료를 하나의 DB에 수집하고 이를 종합함으로써 조사정보의 여백(information gap)을 최소화하고 정책적 자료를 도출하는데 활용할 수 있음을 시사한다.

호주 리빙 아틀라스(Atlas of Living Australia)는 호주 내 기관들이 조사한 생물다양성 자료를 통합·관리하기 위해 구축되었다. 특히 기존의 생물현황에 대한 수집된 현황자료뿐만 아니라 공간화된 분류군별 다양성 평가 결과(예, 계통적다양도 등) 등 다양한 환경정보를 제공함으로써 생물다양성 정책과 환경영향평가 및 미래 환경영향을 예측하는 정보를 제공한다. 이러한 공간기반의 정보제공은 도시 생물다양성, 생물보안 및 자연자원관리 등 다양한 정책지원을 위해 활용된다(Lee et al, 2021).

국가차원의 생물다양성 현황은 호주의 주(states and territories) 별로 구축되는 생물다양성 현황을 기반으로 하고 있다. 특히 뉴사우스웨일스(NSW)주는 국립공원 및 야생동물법의 일부, 멸종위기종 보호법, 자연보호신탁법, 자생식물법을 통합하여 2016년 생물다양성보전법을 주의 법률로 입법하였고, 2017년도에는 생물다양성평가법(Biodiversity Assessment

Method, BAM) 제정을 통해 뉴사우스웨일스 주의 생물다양성을 매 5년마다 평가하는 것으로 수립하였다. BAM에서는 생물다양성에 대한 압력과 위협의 수준을 멸종위기종에 대한 보호·복원노력, 종 생존에 대한 미래 예측, 서식지 감소 영향 및 기존 자연 영역의 상태와 종 현황에 대해 평가하고 미래의 변화를 전망한다(OEH & CSIRO 2019).

호주정부는 자연생태에 대한 평가에 있어 대상지역의 모든 식물과 동물 종의 상태를 기록하는 것은 매우 크고 복잡한 일이며, 특히 많은 종들이 잘 알려지지 않은 상태인 경우 평가과정은 어려움을 인정하고, 연방정부와 주정부별 평가체계를 각각 수행 및 통합하는 체계를 마련하였다(Steffen et al, 2009). 또한 호주는 이러한 자연생태 정보에 대한 통합적 관리와 환경영향평가 등의 정책 활용을 위한 평가지표를 지속적으로 개발하는데 지원함으로써 기초자료가 아닌 기반정보로서의 체계를 구축하여 과학기반의 신뢰성이 향상된 평가결과를 제공하고 있다.

## 3. 일본의 기초조사와 연계활용 사례

일본은 자연환경 조사도 분류군별 특정조사와 전국조사를 병행하여 실시하고 있다(Table 2). 특히 전국조사는 1973년부터 「전국환경보전기초조사」로서 일본 전역의 자연환경 현황 파악, 변화 예측 및 보호·관리정책 수립을 목적으로 수행하고 있다(Nature Conservation Bureau 2002). 이는 우리나라의 「전국자연환경조사」와 유사하게 육상, 육수 및 해안지역의 지형·지질, 생물종, 중요 식물군락, 서식지, 경관 등을 조사하고 보고서와 지도 등의 형태로 기초자료를 제공하고 있다. 이러한 전국-지역단위로의 구분된 조사 프로그램 운영은 폭넓은 기후대(아열대에서 한 대) 및 풍부한 생태계 다양성(해안지역에서 고산지역)의 자연환경 특성을 고려한 것으로 국가의 기후대 및 생태계 현황을 고려한 조사프로그램 수립이 필요함을 시사한다.

일본에서는 환경영향평가 등에서의 생물다양성 손실(biodiversity loss)을 완화하기 위하여 어떠한 손실이 발생하고 있으며, 그 손실은 어떤 요인이나 배경에서 발생하고 있는지 그리고 손실에 대해 어떠한

대책을 수립할 수 있는지에 대한 정보구축 필요성이 제기되었다(JBO 2010). 이에 생물다양성 관련 자료 기반의 정보를 집약해 손실 전체를 종합적으로 평가하기 위한 대책이 마련되었다. 평가체계는 크게 지구 전체, 국가, 지방 등 공간적 계층으로 구성되는데, 이는 공간적 크기에 따라 영향요인 또는 대책 수립 시 고려될 환경적 요소가 다양하기 때문이다.

일본은 생물다양성 종합평가를 통해 대국민 인식 증진과 환경영향평가 및 자연환경 정책에서의 보전활동 증진을 위해 2010년 ‘일본 생물다양성 전망(Japan Biodiversity Outlook, JBO)’을 발간하였고, 자연생태 정책판단의 기초가 될 수 있도록 매 5년마다 평가 결과를 발간하고 있다(JBO 2010). JBO는 환경영향평가에서의 자연생태, 자연자산 및 생태계서비스 측면에서의 현황정보를 제공하는데, 생물다양성 현황, 생태계서비스 현황, 환경요인현황, 생물다양성 손실과 생태계서비스 저하에 대한 대응, 미래방향 및 과거 노력의 결과와 과제에 대한 분석결과를 제시한다(Ogawa-Onishi and Berry 2013). 즉, 환경영향평가에서 자연생태계 현황과 사업에 따른 영향을 예측할 수 있는 기초자료와 사업추진 여부에 따른 생태변화 등 조사자료 기반의 현황예측이 포함된다. 다른 국가와 차별화된 일본의 평가결과는 주어진 기초자료의 수준을 구분하여 제시하는데, ‘충분한 데이터량 기준/자료량 부족/평가곤란’의 3가지 단계로 구분하고 있다. 이와 같은 일본의 JBO 발간 및 정책활용은 국내와 같이 분석결과 적용의 한계성 문제에 대하여 결국 수립된 조사자료의 한계성이 아닌 주어진 현황자료에 대한 정책활용 목적의 결과물을 도출하는 것으로 개선되어야 함을 시사한다.

#### IV. 자연생태 전망체계 구축 필요성과 자연생태 정책 활용방안

생물다양성 관련 주요 국가의 자연환경 조사현황과 지표분석 및 미래전망 등의 현황에서 보듯이 국가 차원에서 종합적인 분석과 이를 토대로 한 평가와 예측 등의 정책적 자료를 제공하는 것이 자연보전 측면에서 중요한 기능임이 확인되었다. 즉, 국가차원에서

분석한 결과를 소규모의 사업범위에 직접적으로 활용하기 보다는 비교대상으로서의 기본이 될 수 있는 정보를 제공함으로써 환경영향의 경중을 간접적으로 비교하는 것이 효과적일 수 있음을 의미한다. 참고로 CBD에서 제시한 생물다양성 지표항목들은 각 국가별 자연생태 현황을 고려하여 평가지표를 결정하는 것과 유사하다 할 수 있다.

평가와 예측에 대한 전망체계(예, 보고서, DB 등)는 첫째로 자연환경 보호와 자원관리를 주된 목적으로 한다. 이는 국내 자연환경 보호와 자연자원 관리 정책에 있어 미래의 생물다양성 상태를 예측하고 기후변화 등 국내외 환경변화에 따른 문제를 사전에 파악함으로써 환경보호와 자원관리에 대한 적절한 사전 대응방안을 마련하는데 기여한다(Green et al. 2019). 두 번째로는 정책결정 지원으로 정부와 정책 결정 기관에 모델링 등 고도화된 평가기반의 정보를 제공함으로써 성과평가 및 정책수립을 위한 목표치 제시 등 효과적인 환경정책 수립에 기여한다(e.g., Hu et al. 2022). 마지막으로 생물다양성에 대한 중요성 인식강화와 환경보호·생물다양성 유지에 대한 사회적 인식제고향상에 기여할 수 있으며, 나아가 국내외 생물다양성 변화에 따른 재해 등의 위험요인(예, 산불, 홍수 등의 자연재해 및 질병에 의한 생태계 영향관련 자연생태 현황과 미래영향에 대한 정보제공 등)에 대한 정책이행 및 환경영향평가 대행자 등의 이해관계자의 이해도를 향상시키는데 기여한다(Jones and Tingley 2021). 이를 위해서는 광의적 의미에서 자연환경에 대한 기초조사 자료와 관련 기반분석 정보가 함께 제공되는 것이 환경영향평가에서 자연환경 정책에 이르는 표준화된 연계가 될 수 있으므로 생물다양성 전망 등 평가체계 마련이 필요하다.

본 논문에서 제시한 환경 및 생물다양성에 대한 전망체계는 국내 자연자원 상태를 평가하고 자연환경 정책수립·이행과 환경영향평가 등의 정책적 활용측면에서 중요한 역할을 할 것으로 판단된다. 이러한 기초자료가 아닌 평가결과 기반의 전망체계는 정책 수립, 보존 노력 및 지속 가능한 개발을 안내하는 포괄적인 평가와 대상지역 기반의 평가 등을 제공할 수 있다. 많은 국가들이 환경 및 생물다양성 상태를 모니터링



하고 평가하는 것의 중요성은 인식하고 있으며, 결과적으로 그들의 독특한 생태계, 종 그리고 환경문제에 대한 상세한 분석을 제공하는 수준의 전망 보고서를 작성하고 관련정보를 제공하고 있다(e.g., JBO 2010; Sobkowiak 2022). 이를 통해 정부와 이해 관계자가 국내외 동향을 이해하고 주요 문제를 식별하며, 위험을 완화하고 지속가능성을 촉진하기 위한 효과적인 전략을 채택하는데 도움이 될 수 있다. 나아가 환경영향평가 관련 업무에서 실질적인 영향예측에 필요한 기초정보를 제공해줌으로써 사업추진의 적정성을 사업계획 수립 시 파악함으로써 사전예방적 차원에서 효과적이라 할 수 있다.

**1. 영향예측 등 분석에 대한 전문성 강화 필요**

환경영향평가나 자연환경 정책 관련 국내 현황 자료는 국내 자연생태 기초현황을 파악하는 것을 목적으로 종과 개체수 및 서식지 현황 등을 조사하고 있다 (Lee et al. 2019). 특히, 국가차원에서는 부처기반의 공간(예, 환경부-육상·육수, 해양수산부-해양 등)에서 모니터링을 실시하고 있다. 생물상에 대한 국내 전역에 대한 모니터링이 분류군별 및 조사지역별로 다양하게 수행되고 있는데, 국내 분류군별 전문가가 매우 제한적인 것을 고려할 때 기초조사에 대한 한계성

도 높을 것으로 사료된다. 예를 들어, 국내 양서·파충류 및 박쥐류 전문가는 조류 등의 다른 분류군에 비해 매우 부족하여 국내 전역을 대상으로 한 모니터링 또는 특정지역에 대한 정밀조사 등을 실시하는데 현실적으로 어려운 상황이다(Shin 2020). 국외에서는 자연생태에 대한 기초조사는 시민과학 중심으로 추진되는 조사프로그램의 수가 증가하고 있는데(e.g., Burkmar 2017), 이는 근본적으로 기초조사와 연구기반의 정보생산(예, 평가, 예측 등)을 구분하는 정책이 추진되었기 때문이다. 즉, 시민과학이 참여하는 전문조사기관과 기후변화 등의 환경변화에 따른 생태계 영향 및 미래전망 등의 연구는 대학을 포함한 연구기관에서 추진하도록 구분한 것이다. 국외사례로 제시한 영국의 경우(Burkmar 2017), 다양한 정책의 기초자료로 활용되는 조류조사는 BTO와 RSPB 등의 시민과학 기반의 조사기관에서 수행한 것을 고려할 때, 국내에서도 이러한 전문성이 강화된 정책개선이 필요한 것으로 사료된다.

따라서, 국내 이용 가능한 분류군별 전문가와 자연환경 조사기관 및 자연생태 전문정보생산기관을 구분하여 각각의 목적에 집중하도록 제도적 시스템이 마련되는 것이 필요하다. 단기적으로는 시·공간적으로 파편화된 조사체계와 전문인력풀의 한계성을 인

Table 3. Key considerations for reinforcement expertise

Category	Content
Professional education and training	It is necessary to develop and strengthen curriculums and training programs in related fields for the evaluation of natural ecology surveys and biodiversity, and to improve practical expertise through academic and field knowledge-based curriculums
Separation of roles and responsibilities	Organizations that conduct natural ecological surveys and biodiversity evaluations need to clearly separate their roles and responsibilities, which are conducted by natural ecological research institutes and basic status analysis, and measurement and analysis of biodiversity indicators
Cooperation of various experts	Natural ecological surveys and biodiversity evaluations require the cooperation of experts in various fields, and in the case of species, experts need to collaborate for each classification group, and experts on ecosystems corresponding to the habitats of these species also work together to improve understanding of the ecosystem
Apply current technologies and methods	It is necessary to actively introduce rapidly evolving technologies and methods to improve the accuracy and efficiency of natural ecological surveys and evaluations such as biodiversity, and in this case, it is necessary to utilize advanced technologies such as GIS, DNA barcode analysis, and eDNA
Develop standardized metrics and protocol	Develop standardized indicators and survey protocols for natural ecological surveys and biodiversity evaluation to improve comparable results
Continuous evaluation and improvement	It is necessary to establish a system to continuously evaluate and improve the process and results of conducting natural ecological surveys and biodiversity evaluations, thereby continuously improving expertise and responding to the latest trends

정하고 이용 가능한 최소한의 자연환경 자료통합과 기초자료 기반의 정보생산 방안을 마련하는 것이 필요하다. 또한 중·장기적으로는 자연생태 조사와 평가 기반의 정보생산을 이원화함으로써 전문성을 강화시키도록 정책을 마련해야 한다. 이를 위해 전문적인 교육과 훈련, 역할과 책임의 분리, 다양한 전문가 협력, 최신 기술과 방법의 적용, 표준화된 지표 및 프로토콜 개발 그리고 지속적인 평가와 개선 노력을 위한 기반이 마련되는 것이 필요하다(Table 3).

## 2. 평가와 예측 중심의 기반정보 작성방안

자연생태 관련 기초조사와 달리 평가와 예측중심의 기반정보를 작성하기 위해서는 조사결과에 대한 현황과 관련 지표항목의 증감 그리고 시공간적 환경현황 등을 종합적으로 분석하여 자연생태 측면의 기반자료를 제공하는 것을 목적으로 해야한다. 예를 들어, 자연정책 수립에 있어 우선순위 결정이나 환경영향평가 관련 영향예측의 정확성과 영향의 정도를 분석함에 있어, 기초자료가 아닌 평가·예측 정보는 사업현황을 구체적으로 반영하여 정확한 영향예측을 수행할 수 있어 신뢰성 등의 환경적 갈등을 해소하는데 도움을 줄 수 있을 것이다. 특히 국내외 같이 국가차원에서 수행한 기초현황 자료의 시간적 간극이 길어 현지조사 등의 추가조사가 필요한 경우에 있어 분석된 평가정보의 제공은 사전 계획수립시 환경영향평가 단계에서 발생할 수 있는 환경적 문제를 회피하거나 충분히 저

감할 수 있는 정보로써 활용될 수 있다.

본 논문에서 제안하는 평가·전망기반의 정보제공을 위해서는 먼저 체계적인 작성방안이 수립되는 것이 필요하며 기초자료와 분석결과를 제공하는 주체와 수용하는 주체의 상호보완적인 관계가 수립되는 것이 필요하다. 첫째 데이터의 수집과 분석에 있어, 신뢰성 있는 자연생태 조사자료 수집이 필요하며 이를 위해서는 시·공간적 조사간극을 최소화하고 제한된 자료에 의한 결과의 편중을 최소화하기 위해 국가기관, 대학 및 시민과학 등의 이용 가능한 자료를 통합하는 기반마련이 필요하다(예, 호주 ALA). 또한 수집된 조사자료에 대한 정량적인 평가를 실시하고 다양한 자연환경 및 사회환경적 요소를 고려하여 통계학적 기반의 원인분석을 통한 정략적 결과를 도출해야 한다. 둘째로, 현상파악과 예측에 있어 과거와 현재의 자연생태, 특히 생물다양성 측면의 상태를 파악하고 기후변화, 환경변화 그리고 인간의 활동 등을 고려한 미래의 생물다양성 변화결과가 포함되어야 한다. 이를 위해 생물에 영향을 줄 수 있는 환경적 요소는 독립적인 영향과 상호복합적인 영향을 모두 고려하는 것이 필요하며, 생물의 경우도 동종 및 이종간의 상호영향과 개체수준에서 군집수준까지의 규모차이에 따른 영향을 입체적으로 고려하여 평가하여야 한다. 마지막으로 다양한 이해관계자 참여를 통한 정책제언으로 평가전망의 체계는 문제점과 위험요소를 파악하고, 이를 해결하기 위한 정책제안이 함께 제시되어야 한다.

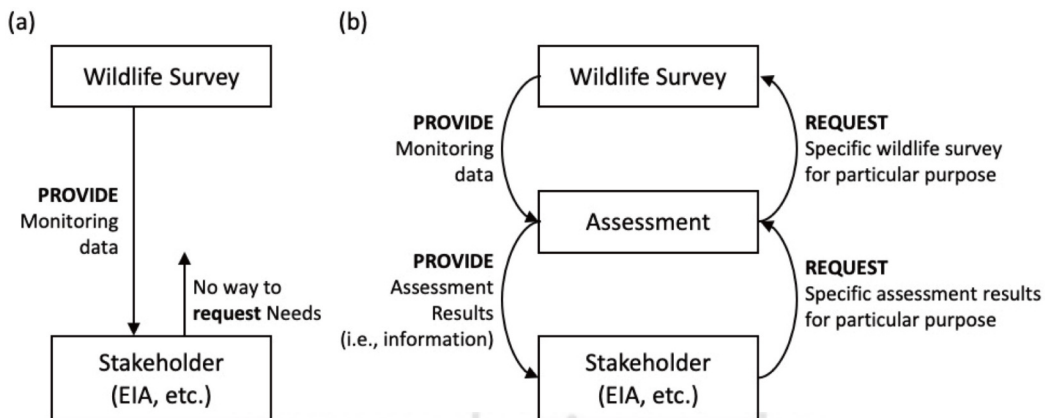


Figure 2. (a) Provision of current basic data, (b) providing complementary information according to the dualization of providers and demanders

특히 이와 같은 정책제안 등을 이해하고 평가함에 있어 관련 이해관계자의 참여도 필요하다.

따라서 제공자 우선의 기존의 기초자료 제공이 아닌 수용자 중심의 정책활용을 목적으로 한 기반정보 제공을 목적으로 데이터 수집과 분석, 현상 파악과 예측 및 지속적인 갱신과 평가 등을 고려하여 작성되는 것이 필요하다(Figure 2).

## V. 결론

본 논문에서는 자연생태 정책지원을 위한 전망체계 구축의 필요성과 준비 및 활용방안을 고찰하였다. 이를 위해 국내 자연생태 분야의 모니터링 현황과 기초자료 제공에 따른 정책활용의 한계성에 대한 시사점을 도출하고, 국외 생물다양성 지표 및 생물다양성 전망 기반의 정보서비스 운영과 활용 사례를 분석하였다. 자연생태 분야에 대한 분류군별 국내 전문가의 제한성을 고려할 때, 모니터링 기반의 조사와 평가를 통한 정보생산의 전문성에 따른 이원화 전략이 필요하고 나아가 자연생태 정책지원을 위한 지속적인 생물다양성 등 자연생태 전망결과를 도출하기 위한 전문성 강화, 정보제공 및 정책활용 방안을 제안하였다. 국외 사례를 통해 평가기반의 미래예측을 위한 국가 생물다양성 전망보고서 등이 정기적으로 발표됨으로써 생물다양성 지표 수립 등의 정책지원과 환경영향평가에서의 영향예측의 고도화 등 자연생태 분야의 정책이행에 기반이 될 수 있음을 확인할 수 있었다. 하지만 국내의 경우는 조사의 문제가 아닌 정책지원을 위한 적절한 정보생산에 대한 노력이 부족했음을 의미하고 이를 위한 제도개선과 연구사업 추진의 필요성을 고찰하였다. 더불어 현재의 자료 제공자 중심의 자료(data) 지원에서 이용자 중심의 필요사항에 대한 평가 정보(information)를 제공하는 체계로 개선되는 것을 제안한다.

## 사사

논문에 대해 많은 시간을 들여 심사와 의견을 주변 편집위원과 익명의 심사위원들께 진심으로 감사드립니다.

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP) '신재생에너지핵심기술개발사업(No.20203030020080)'의 지원을 받아 한국환경연구원이 수행한 "해상풍력 단지 해양공간 환경영향 분석 및 데이터베이스 구축(2023-005(R))" 사업의 연구결과로 작성되었습니다.

## References

- Ahn KH, Shin YK, Kim JY, Lee YK, Lim JC, Ha JW, Kwon HS, Suh JH, Kim KG. 2015. A review on the public appeals of the ecosystem and nature map. *Journal of Environmental Impact Assessment*, 24(1): 99-109. [Korean Literature]
- Arneth A, Leadley P, Claudet J, Coll M, Rondinini C, Rounsevell MDA, Shin YJ, Alexander P, Fuchs R. 2023. Making protected areas effective for biodiversity, climate and food. *Global Change Biology*, 29: 3883-3894.
- Audit Scotland. 2021. *Environment, Sustainability and Biodiversity*.
- Brauman KA, Daily GC, Duarte TKE, Mooney HA. 2007. The nature and value of ecosystem services: an overview highlighting hydrologic services. *Annual Review of Environment and Resources*, 32: 67-98.
- Burkmar R. 2017. *Monitoring and indicators of UK biodiversity change: a review for the tomorrow's biodiversity project*. Field Studies Council, UK.
- Cha YJ. 2000. Planning and management of urban ecological park. *Nature Conservation*. 110: 18-24. [Korean Literature]
- Department for Environment, Food and Rural Affairs. 2022. *UK Biodiversity Indicators*.
- European Environment Agency. 2012. *Streamlining European biodiversity indicators 2020*:

- building a future on lessons learnt from the SEBI 2010 process.
- Gilbert G, Gibbons DW, Evans J. 2012. Bird monitoring methods. RSPB. UK.
- Green EJ, Buchanan GM, Butchart SHM, Chandler GM, Burgess ND, Hill SLL, Gregory RD. 2019. Relating characteristics of global biodiversity targets to reported progress. *Conservation Biology*, 33(6): 1360-1369.
- Hu Y, Wang M, Ma T, Huang M, Huang G, Zhou W, Ping X, Lu Y, Wei F. 2022. Integrated index-based assessment reveals long-term conservation progress in implementation of Convention on Biological Diversity. *Science* 8: eabj8093.
- 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.
- Jones GM, Tingley MW. 2021. Pyrodiversity and biodiversity: a history, synthesis, and outlook. *Diversity and Distributions*, 28: 386-403.
- Jun SW, Jung SM. 1998. A study on the remote exploration techniques for the preparation and utilization of ecological natural map – focusing on the preparation of land cover classification map. Korea Environment Institute. [Korean Literature]
- Jung TJ, Song IB, Lee JS, Lee SJ, Cho KJ, Song KH, Kim GD, Cha JR, Cho JS, Lim HS, Jung HJ. 2017. The analysis on causes of areas with public appeals to the ecosystem and nature map. *Journal of Korean Environment Research and Technology*, 20(1): 25-34. [Korean Literature]
- Jung HL, Rho PH, Lee HW. 2007. Ecosystem survey to improve the efficiency of natural environment policy establishment. *Nature Conservation*, 137: 18-29. [Korean Literature]
- Ko KA, Cha EJ, Lee JH, Kim MJ, Joo WY. 2021. Developing and integrated system for the comprehensive management of national biodiversity strategies and action plans, management indicators, implementation assessment, and effectiveness assessment. Korea Environment Institute. [Korean Literature]
- Ko KA, Lee HW, Oh IC, Hong HJ, Kim YJ, Chun JY, Jung SG. 2018. A study on the establishment of the 4th national biodiversity strategy and preparation of the CBD national report (I). Korea Environment Institute, Ministry of Environment [Korean Literature]
- Kwon YS, Song KH, Kim MK, Kim KD. 2020. A study on the data cleaning and standardization of national ecosystem survey in Korea. *Korean Journal of Ecology and Environment*, 53(4): 380-389. [Korean Literature]
- Lee B, Wallis E, Hobern D, Zerger A. 2021. The Atlas of Living Australia: history, current state and future directions. *Biodiversity Data Journal*, 9: e65023.
- Lee HJ, Ha JU, Cha JY, Lee JH, Yoon HN, Jung CW, Oh HS, Bae SY. 2017. The habitat classification of mammals in Korea based on the National Ecosystem Survey. *Journal of Environment Impact Assessment*, 26(2): 160-170. [Korean Literature]
- Lee WS, Sagong H, Joo YJ, Ji MK, Jung SG. 2020. Development ofecoinformatics biodiversity assessment tools (II): utilization of biodiversity map in policy making. Korea Environment Institute. [Korean Literature]
- Lee WS, Sagong H, Joo YJ, Jung SG. 2019. Development ofecoinformatics biodiversity assessment tools. Korea Environment Institute. [Korean Literature]

- McGuinness S, Muldoon C, Tierney N, Cummins S, Murray A, Egan S, Crowe O. 2015. Bird sensitivity mapping for wind energy developments and associated infrastructure in the Republic of Ireland. BirdWater Ireland, Kilcoole, Wicklow.
- Ministry of the Environment. 2021. JBO3 - 2021 Report of comprehensive assessment of biodiversity and ecosystem services in Japan.
- National Institute of Biological Resources. 2021. National Biodiversity Statistics Collection, Ministry of Environment. [Korean Literature]
- Nature Conservation Bureau. 2002. Living with nature: the national biodiversity strategy of Japan. Nature Conservation Bureau, Ministry of the Environment, Tokyo.
- OEH & CSIRO. 2019. Measuring biodiversity and ecological integrity in New South Wales: Method for the biodiversity indicator program. NSW government, Sydney.
- Ogawa-Onishi Y, Berry PM. 2013. Ecological impacts of climate change in Japan: the importance of integrating local and international publications. *Biological Conservation*, 157: 361-371.
- Oh HY, Han JE, Lee W, Jang HD, Lee JS, Shin SK, Kang DH, Oh YJ, Lee YH, Bong JM, Lim JH, Yoo CH, Song SH, Kim WH, Chu MK, Kim EN, Lee DG, Lee SY. 2022. Climate change impacts on phylogenetic diversity: assessment and prediction(2). National Institute of Biological Resources. [Korean Literature]
- Park JH, Choi JG. 2018. A study on the improvement of the EIA items and the operating system based on the analysis of EIA items usage. *Journal of Environmental Impact Assessment*, 27(1): 1-16. [Korean Literature]
- Park SC, Han BH, Park MJ, Yun HD, Kim MJ. 2016. A study on the possibility of utilizing both biotope maps and land cover maps on the calculation of the ecological network indicator of city biodiversity index. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*, 44(6): 73-83. [Korean Literature]
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity. 2020. *Global Biodiversity Outlook 5*. Montreal.
- Segan DB, Murray KA, Watson JEM. 2016. A global assessment of current and future biodiversity vulnerability to habitat loss-climate change interactions. *Global Ecology and Conservation* 5: 12-21.
- Shin YO. 2020. The role of wild animals, mainly bats, in the emergence of new viruses and the measures for the prevention. *Nature Conservation*. 180: 20-32. [Korean Literature]
- Silvestro D, Gorla S, Sterner T, Antonelli A. 2022. Improving biodiversity protection through artificial intelligence. *Nature Sustainability*, 5: 415-424.
- Smith F. 1996. Biological diversity, ecosystem stability and economic development. *Ecological Economics*, 16: 191-203.
- Sobkowiak M. 2022. The making of imperfect indicators for biodiversity: a case study of UK biodiversity performance measurement. *Business Strategy and the Environment*. 32(1): 336-352.
- Sobkowiak M. 2023. The making of imperfect indicators for biodiversity: a case study of UK biodiversity performance measurement. *Business Strategy and the Environment*, 32, pp.336-352.
- Steffen W, Burbidge AA, Hughes L, Kitching R, Lindenmayer D, Musgrave W, Stafford SM, Werner PA. 2009. Australia's biodiversity and climate change: a strategic assessment

- of the vulnerability of Australia's biodiversity to climate change. A report to the Natural Resource Management Ministerial Council commissioned by the Australian Government. CSIRO Publishing.
- Sung SY, Kwon YS, Kim KD. 2018. Development and applications of ecological data portal service (EcoBank) for sharing ecological information of Korea. *Korean Journal of Ecology and Environment*, 51(3): 212-220. [Korean Literature]
- Thompson G, Thompson SA. 2020. A comparison of an environmental impact assessment (EIA) vertebrate fauna survey with a post-approval fauna salvage program: consequences of not adhering to EIA survey guidelines, a Western Australian example. *Pacific Conservation Biology*, 26(4): 412-419.
- Wood CL, Lafferty KD, DeLeo G, Young HS, Hudson PJ, Kuris AM. 2014. Does biodiversity protect humans against infectious disease? *Ecology*, 95(4): 817-832.
- Yun KS, Shin YH. 2015. The appropriateness and improvement for grade evaluation system of geomorphology part, the 3rd natural environment survey. *Journal of the Korean Geomorphological Association*, 22(1): 89-107. [Korean Literature]