

기후위기 대응을 위한 생태계 통합정보시스템 구축 전략과 사례 연구

옥기영*† · 노동현** · 이효혜미*** · 박은진****

*국립생태원 기후생태관측팀 선임연구원, **국립생태원 기후생태관측팀 연구원,

국립생태원 기후생태관측팀장, *국립생태원 기후생태연구실장

Strategy and case analysis for eco-climate integrated information system

Ock, Giyoung*† · No, Donghyeon** · Lee, Hyohyemi*** and Park, Eun-Jin****

*Senior Researcher, Climate Ecological Observation Team, National Institute of Ecology (NIE), Seocheon, Korea

**Researcher, Climate Ecological Observation Team, NIE, Seocheon, Korea

***Team Leader, Climate Ecological Observation Team, NIE, Seocheon, Korea

****Director, Bureau of Climate Ecological Research, NIE, Seocheon, Korea

ABSTRACT

To achieve ‘2050 carbon neutrality’ and ‘2030 nature positive’ in response to the climate crisis, the Korean government has established a list of ecosystem risks on climate change and legislated the Carbon Neutrality Act to build a climate adaptation information system. The present study investigated various data sets required for climate change-induced ecosystem risks and analyzed such sets from different institutions. In addition, we investigated domestic ecological data portals and some overseas cases focusing on climate adaptation data platforms in the US and EU, for determination of the direction of integrated data-based management for various and complex ecosystem risks to climate change. We found important implications for building an eco-climate integrated information system in terms of climate adaptation data, integrating multi-agency data, automatic observation data, data sharing, and simulation tools. Finally, we designed a system architecture for building the information platform systematically, in the order of data collection, data integration & management, ecosystem analysis & prediction, and application. Through building the integrated information system, we expect not only to establish national standardization of climate adaptation data to diagnose the drivers of climate change and to predict ecosystem change, but also to improve accuracy of prediction models and cooperation among government agency on climate crisis.

Key words: Climate Crisis Adaptation, Ecosystem Risks, Integrated Information System, Climate Adaptation Data

1. 서론

2021년 유엔 기후변화에 관한 정부간협의체(IPCC) 6차 보고서에서는 현재의 온실가스 배출 추세를 유지할 경우에는 2100년 지구 온도 상승은 산업화 이전의 지구 평균온도 보다 4℃ 이상 진행될 것으로 예상했다(Kikstra et al., 2022). 기후변화로 인한 생태계 분야의 피해는 보다 심각하고 그 영향은 더욱 광범위한 것으로 예측했다. 전

세계가 지난 파리기후협약에서 마지노선으로 제시한 지구 평균온도 상승을 2℃ 이내로 막더라도 극지, 열대 우림, 온대 산호초와 같은 취약지역은 적응한계를 넘어서고 육상생물종의 절반 이상이 사라지는 등 지구 생태계가 회복 불가능한 위험에 직면할 것이라고 경고하면서, 전 지구적 온실가스 배출 감축과 생태계 회복의 실효적인 대책을 촉구하였다.

이와 같이, 기후위기 시대에 생물다양성 손실은 전 지

†Corresponding author : ockgy@nie.re.kr (33657, National Institute of Ecology, 1210, Geumgangro, Seocheon, Korea. Tel. +82-41-950-5616)

ORCID 옥기영 0000-0002-9078-3090
이효혜미 0000-0002-5088-4751

노동현 0009-0004-3542-7554
박은진 0000-0002-9152-7830

구적인 생태계 위기로 이어지는 만큼 국제사회는 지난 2022년 12월 캐나다 몬트리올에서 열린 제15차 생물다양성협약 당사국총회(CBD-COP15)에서 전 지구적 생물다양성 전략목표로 ‘쿤밍-몬트리올 글로벌 생물다양성 프레임워크’(GBF, Global Biodiversity Framework)를 채택하였다. 이와 함께 전 세계가 긴급한 조치를 통하여 생물다양성 손실을 막고 자연의 온전성과 건강성을 되살려 2030년까지 생물다양성 자연 손실률을 제로로 하는 네이처 포지티브(Nature Positive) 목표를 설정하였다(Locke et al., 2021). 그리고 국가단위에서는 이러한 목적을 달성하기 위해서는 ‘기후변화 적응과 영향 최소화’를 포함한 23개의 실천목표에 대응하여 국가 수준의 생물다양성 전략과 실천계획(NBSAPs, National Biodiversity Strategies and Action Plans)을 요구받고 있다(Heo and Park, 2023).

국가에서는 기후위기에 체계적인 중장기 대책을 마련하기 위하여 제3차 국가기후변화 적응대책을 수립하였고, 생태계 분야에서는 기후변화로 인한 멸종위기종 감소를 포함한 생물종 부문 7개, 기온상승으로 인한 습지면적 감소를 포함한 서식지 부문 11개로 구분하여 국가 생태계 리스크 목록을 제시하고 실효적인 과학기반의 대응을 요구하였다.

이상과 같이 기후위기 시대에 국가 생태계 리스크에 대한 적응대책 마련과 국가 생물다양성 전략 실천계획 수립을 위해서는 무엇보다도 기후변화에 따른 국가 생태계 변화를 과학적으로 조사, 분석, 예측할 수 있는 정보의 수집과 제공 체계가 우선적으로 구축되어야 한다. 그렇지만, 현 단계에서는 다양한 부처와 관계 기관에서 생태계 모니터링 정보가 생산되고 있지만, 담당 기관과 시스템 분산으로 국가정책에 활용하는 데는 한계가 있다(Youn, 2014).

다행히, 2022년 3월 ‘기후위기 대응을 위한 탄소중립 녹색성장기본법’ 제37조(기후위기의 감시·예측)를 제정하면서, 국가단위에서 기후위기가 생태계와 생물다양성에 미치는 영향과 취약성, 파급효과 등을 조사·평가하는 종합적인 정보관리 체계를 구축해서 운영하는 법적 토대를 마련하였다.

이러한 국내외적인 요구에 따라 환경부에서는 부처와 기관별로 분산·관리 중인 기후-생태계 조사와 모니터링 정보를 통합분석하는 생태계 기후대응 통합정보관리시스템을 구축하기 위하여, 지난해 정보화전략계획(ISP)을 수립하였고, 2023년부터 국립생태원에서 시스템 구축사업을 추진하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 기후위기 대응 생태계 통합정보 관리시스템을 구축하기 위하여 우선, 생태계 분야 국가 기후변화 리스크 분석을 위해 요구되는 다양한 필요 정보와 해당 정보의 제공 기관을 파악하여 국내 생태계의 정보 관리 현황을 조사하였다. 기후변화 생태계 정보시스템을 구축한 국외 유사 사례를 조사하여 본 통합정보시스템 구축을 위한 시사점을 도출하였다. 이외에도 국가 규모에서 기후위기 대응 생태계 통합정보관리시스템을 구축하기 위하여 다부처 정보연계와 생태계 관측정보에 기반한, 통합정보관리시스템의 목표 모델을 설계하고, 이를 실현하기 위한 단계별 구축 방안에 대하여 고찰하였다.

2. 국가 생태계 기후변화 리스크 대응을 위한 통합정보 관리

정부는 사회 전반에 걸쳐 심각해지고 복잡해지는 기후위기 피해에 체계적으로 대응하기 위하여, 2012년부터 3차례에 걸쳐 국가 기후변화 적응대책을 마련하였다. 2020년에 수립된 제3차 대책(‘21~’25)에서는 물관리 10개, 생태계 18개, 국토·연안 14개, 농·수산 17개, 건강 13개, 산업·에너지 12 등 총 6개 카테고리 구분하여, 총 88개의 기후변화 리스크 목록을 도출하였다. 이 가운데 생태계 분야의 리스크 항목은 지난 2차 대책(‘16~’20)과 비교해서, 세부 부문이 3개(산림생태계, 물, 해양수산)의 공간영역에서, 2개(생물종, 서식처)의 주제로 대상이 변경되었고, 총 리스크 개수도 증가하였다. 그리고 기후의 영향요인을 기온상승과 강수량 증가, 이상기후, 가뭄, 폭우 등으로 세분화하였고, 생태계 대상을 생물종과 서식처로 구분하여 식물종, 아고산대, 외래종, 멸종위기종, 산림 탄소흡수량, 토양미생물, 도서생태계, 연안과 하구, 해양 생태계 등으로 대상과 공간을 추가하였다. 이는 기후변화가 생태계에 미치는 영향이 보다 다양화, 복잡화되고 있어 국가에서도 보다 체계적인 대응이 필요하다는 것을 보여준다(Yeo and Hong, 2020).

Table 1은 국가적으로 대응해야 할 생태계 현안에 대하여, 해당하는 기후변화 리스크 카테고리를 정의하고, 리스크 분석과 평가에 필요한 정보를 나타낸다. 우리나라에서는 현재 아열대 식물종의 북방한계선이 북쪽으로 이동하면서 자생종의 서식처가 위협받고 있으며, 식물의 개화일수가 빨라져 수분매개 곤충의 연쇄적 영향으로 발현되는 생물계절현상(phenology)이 사회적 이슈가 되고 있다

Table 1. Dataset derived from various institution for analyzing ecosystem risk targeted

Ecosystem risk list	Social Issue related	Policy objective	Data list required for analyzing a target risk	Institution data owned
(E01) Changes in plant species due to temperature rise and precipitation increase	Expansion of northern limit line for subtropical plant species	Adaptation management of vulnerable species to climate change	(Weather) monthly/annual temperature and precipitation, non-rainfall days etc	KMA*
			(Plant species) species list and information	NIBR
			(Plant distribution) national ecosystem survey	NIE
			(Habitat map) forest type map	KFS
			(Tree-blooming) Phenocam images by automatic observatory tower	NIE
(E02)~(E5)	-	-	-	-
(E06) Carbon absorption reduction in forests due to drought and temperature rise	Identification of carbon absorption capacity in Forest	carbon sinks conservation in protected forests	(Micrometeorology) Max/ave/min temperature and precipitation, snowfall, Wind direction and speed, humidity etc	KFS NIE KMA
			(CO ₂) Eddy covariance CO ₂ flux by automatic observatory tower	NIE
			(Habitat map) forest type map	KFS
(E7)~(E18)	-	-	-	-

* KMA: Korea Meteorological Administration, NIBR: National Institute of Biological Resources

KFS: Korea Forest Service, NIE: National Institute of Ecology

(Park et al., 2016). 이러한 현상은 생태계 리스크 항목에서 ‘기온상승 및 강수량 증가로 인한 식물종 변화(E01)’에 해당하며, 기후변화 취약종 적응정책이 마련되어야 한다. 이를 분석하기 위해서는, 기상청이 제공하는 월평균기온과 연평균기온을 포함한 기상정보 뿐만 아니라, 생물자원관이 보유한 아열대 식물종 목록, 국립생태원의 자연환경조사 정보, 산림청의 임상도, 그리고 수목의 개화를 분석하기 위해서는 국립생태원이 구축중인 생태관측망의 피노캠 영상자료 등과 같은 다양한 기관에서 생산하는 복합적인 기상·생태 정보가 제공되어야 한다.

탄소흡수원으로서의 산림의 생태 가치를 평가하는 것은 생태계 리스크 E06에 해당하며, 이를 규명하기 위해서는 탄소플럭스 관측기반의 순생태계교환량(NEE, Net Ecosystem Exchange)과 생태계 현장조사 기반의 순생태계생산량(NEP, Net Ecosystem Production) 등 2가지 방법으로 정량화할 수 있다(Lee et al., 2021). 순생태계교환량은 에디공분산법으로 대기와 산림간의 CO₂ 교환량을 산정하는데, 이를 위해서는 기상청과 국립생태원 표준관측망을 통해 수집되는 탄소플럭스 자료와 3차원 풍향풍속 자료가 제공되어야 한다. 산림의 총탄소흡수량과 총탄소배출량의 차인 순생태계생산량을 계산하기 위해서는 산림청과 국립생태원 등에서 수집된 해당수종의 생물량과 고사목, 토양유기물, 토양호흡량 등의 다양한 조사자료가

필요하다.

이와같이, 생태계 분야 리스크에 대응하여 국가 기후위기 적응대책을 효과적으로 수립하기 위해서는, 기후변화 영향 인자로서 지역적, 광역적 기상정보 뿐만 아니라, 생태계 반응에 대한 복잡하고 다양한 현상을 분석하고 예측할 수 있는 다부처에서 생산된 조사·관측정보가 체계적으로 수집되어 제공되는 통합정보관리시스템이 요구된다(Cho et al., 2018).



3. 기후위기 대응 생태계 정보포털 관련 국내·외 사례 분석

국내에서는 기관 고유의 목적에 따라 수집된 차별화된 생태계 조사정보를 공유하기 위하여 다양한 생태정보 포털이 구축되었고, 본 연구에서는 주제와 대상별로 대표적인 사례를 조사하였다. 국립생태원에서는 에코뱅크 시스템을 통하여 전국 자연환경조사, 특정지역 자연환경조사, 생태자연도 등 주로 기관에서 조사·연구한 전국단위 전문 생태공간 정보를 제공하고 있다(Sung et al., 2018). 국립생물자원관에서는 한반도에 자생하는 모든 분류군에 대하여 국가표준 생물종목록을 통해 자생 생물종에 대한 기초정보와 표본정보, 유전정보 등 생물자원 이용을 위한

종합적인 정보를 제공한다. 전국단위 수생태계 분야 생태 공간 정보는 환경과학원에서 운영중인 물환경정보시스템을 통하여 하천 생물측정망에서 수집한 분류군별 조사정보를 제공하고 있다(Table 2).

국외에서는 주로 미국과 유럽을 중심으로 광역적인 기후변화 적응정보를 연계·통합하려는 노력이 진행되었다. 미국에서는 환경청, 농무부, 에너지부 등 13개의 정부부처가 기후변화 자료를 연계하고 공유하는 GCIS (Global

Table 2. Characteristics of Eco-Climate Database System in domestic and overseas countries

Data portal	Country (Organization)	Characteristics	Data-related evaluation			Service-related	
			targeting for climate adaptation data	integrating multi-agency data	including automatic observation data	data sharing	simulation tools
[Domestic]							
Ecobank 	NIE	- provide eco-spatial information on all species, including flora and fauna mainly derived from national ecosystem survey	-	○	-	○	-
Korea Biodiversity 	NIBR	- provide national biological resources list based on species data, - provide information on specimen list and genetic resources	-	○	-	○	-
Water Environment Information System 	NIER	- provide river water quality observation information, and aquatic floral and fauna survey information of the national river monitoring network	-	-	-	○	-
[Overseas]							
GCIS (Global Change Information System) 	US (Global Change Research Program)	- provide raw data and access to verified scientific information from government agencies on climate change - participate in 13 government agencies including EPA, USDA and DOE	○	○	-	○	-
DataONE (Data Observation Network for Earth) 	US (National Science Foundation)	- provide access to data and raw data across multiple repositories, supporting enhanced search and discovery of Earth and environmental data - participated in 28 observation data-portals worldwide including LTER, TERN and GREON, eBIRD	○	○	○	○	-
Climate ADAPT 	EU (European Environment Agency)	- Climate Adaptation Platform to share access to data and information to adapt to climate change in Europe - provide information on climate adaptation target and case study, and tools	○	○	-	○	○
Copernicus Climate Change (C3S) 	EU (European Centre for Medium-range Weather Forecasts)	- provide information on past, present, and future climate in Europe and the worlds - provide free and public access to climate data and tools	○	○	-	○	○

Change Information System)를 구축하였다(Karl et al., 2009). 또한 민간영역에서는 미과학재단이 DataONE을 구축하여, 전세계 28개 연구기관이 참여하여 지구환경 관측 정보를 공유하는 커뮤니티를 운영하고 있다. 유럽연합 환경청(EEA)은 EU 국가의 농업, 생물다양성, 임업, 농수산업 등 사회 전 분야의 기후적응정책을 지원하기 위하여 회원국의 기후변화 관련정보를 공유하는 ClimateADAPT 포털을 구축하였다(Mattern et al., 2018). 또한, 유럽 기상 예보센터(ECMWF)에서는 유럽지역의 과거 기후분석과 미래 기상 예측을 위한 기상 자료를 Copernicus Climate Change를 통해 제공하고 있다. 이러한 통합정보관리시스템을 이용한 대표사례로서, Copernicus Climate Change의 기후데이터 저장소(Climate data store)를 이용해서, 성장기간, 서리일수, 강우일수 등 20개의 생물기후인자와 토양변수를 추출하여, 유럽의 와인 포도 생산량 변화를 예측하였고(Buontempo et al., 2020), 남아프리카 공화국의 주혈흡충 감염 현상을 모의하였다(Ayob et al., 2023).

본 연구에서는 상기와 같이 국내 3개, 국외 4개의 정보포털을 대상으로, 데이터 관련하여 기후적용 데이터 목적성, 다부처 데이터 연계성, 실시간 자동관측 생태정보 포함 여부를 평가하였고, 서비스 관련해서는 정보공유 시스템 제공, 기후영향 분석모델 지원 등을 비교하였다(Table 2).

이상과 같이, 국내에서는 기후변화 대응을 목적으로 여러 정부 부처에서 생산된 생태 자료를 체계적으로 통합하여 제공하는 시스템은 발견하기 어려웠다. 그리고, 일부 수질 항목을 제외하고는 생태계 자동관측시설 또는 관측망에서 생산된 실시간 자료가 제공되는 데이터베이스는 아직 없었다. 이에 반해, 미국과 유럽의 정보시스템은 기후위기를 효과적으로 대응하기 위하여 정부 부처간 또는 회원 국가간의 협력과 연계에 기반하여 시스템을 운영하고 있다는 것은 주목할 만한 점이다. 또한 정보시스템에 분석도구를 탑재하여 기후변화 시나리오에 따른 분야별 예측을 지원하고 있는 점도 특징적이라고 할 수 있다.

4. 생태계 기후위기 대응 통합정보관리시스템 구축 전략

상기에서 고찰하였듯이, 국가 기후변화적응대책에서 지정한 생태계 리스크는 다 부처의 기상관측 정보와 생태계 조사 정보가 유기적으로 연계되고 통합적으로 제공되어야 과학적으로 분석하고 예측하여 해결책을 도출할 수

있는 복잡한 현안이다. 그렇지만, 현재 국내 생태정보 포털에서는 생산기관별로 데이터가 분산되어 관리되고 있으므로, 생태계 기후변화 적응정보를 제공할 수 있는 통합정보관리체계를 마련하는 것이 요구된다.

국외의 사례분석에서 살펴보았듯이, 미국과 유럽에서는 이미 정부 부처간 또는 기관간의 유기적인 데이터 연계시스템을 구축하고, 자동 생태관측정보를 활용하여 기후변화 리스크에 적극적으로 대응하고 있다는 것을 확인하였다.

이러한 국내외적인 필요성을 반영하여, 우리나라에서도 탄소중립기본법 제37조에서 기후위기가 생태계와 생물다양성에 미치는 영향과 취약성, 위험 및 사회적·경제적 파급효과를 조사·평가하는 기후위기 적응정보 관리체계를 구축하도록 제도화하였다. 그리고, 생태계 분야에서 기후대응 통합정보 관리를 이행하기 위하여, 6개 관계부처(환경·농식품·해수부, 기상·농진·산림청)와 소속·산하 기관이 참여하는 ‘생태계 기후변화 공동대응 협의체’를 구성하고 정보공유 협력체계를 구축하였다.

4.1. 목표 모델과 구축 전략

환경부에서는 22년 생태계 분야 기후위기 대응 통합정보관리시스템을 구축하기 위하여, 22년도에 정보화전략계획을 수립하였고, 이에 기반하여 국립생태원에서는 23년부터 통합정보관리시스템 초기구축 사업을 시작하였고, 목표모델과 세부추진계획을 수립하였다.

목표모델은 크게 데이터 수집, 데이터 통합과 관리, 생태계 리스크 평가, 활용분야 로 구분된다(Fig. 1).

첫째, 데이터 수집 단계에서는 환경부와 농식품부, 해수부, 농진청, 산림청, 기상청 등 6개 부처와 소속·산하기관이 생산하는 검증된 공개자료를 통합데이터베이스로 연계한다. 이 경우 부처별 업무 특성에 맞는 정보 제공으로 통합시 데이터 이질성에 대한 표준화가 방안이 마련되어야 한다. 따라서, 초기구축 단계(1~2차년도)에서는 정보표준이 마련된 기관(기상청의 기상정보, 환경부의 공간정보, 생태정보)을 시작으로 기술표준을 마련하고, 이를 기반으로 점차적으로 타부처의 생태정보로 확대할 계획이다.

특히, 본 시스템에서는 현재 환경부에서 별도로 구축을 추진하고 있는 국가 생태관측망을 통해 수집된 이산화탄소 농도와 플럭스, 생물계절 피노캠 영상자료, 미기상 관측정보 등과 같은 실시간 관측정보가 연계된다는 것은 기

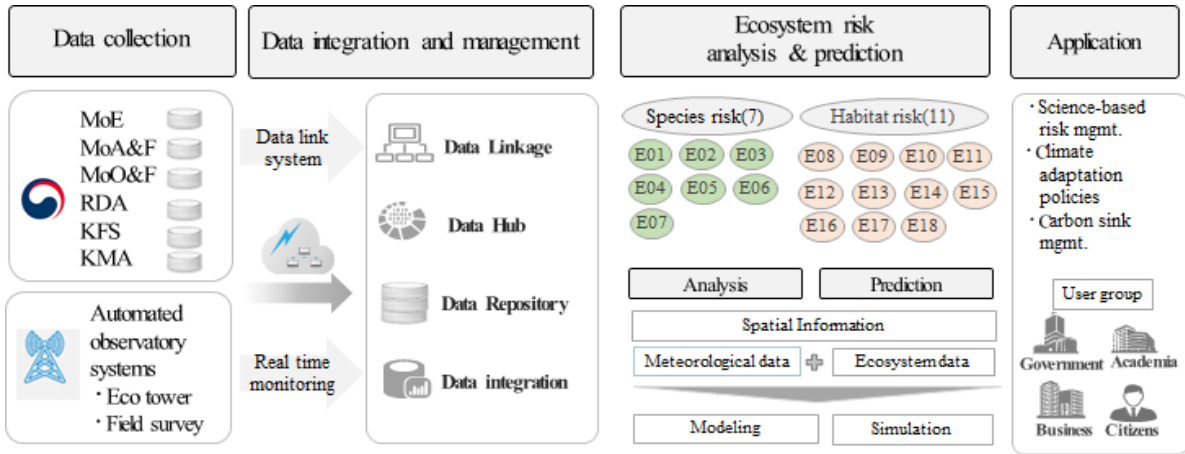


Fig. 1. System architecture and construction strategy for eco-climate integrated information system

존 국내의 정보시스템과 차별성을 가진다. 이는 미국 (NEON, National Ecological Observatory Network)과 호주(TERN, Terrestrial Ecological Research Network)의 생태관측망과 유사한 생태계 변화 감시 체계로서, 분석의 정확도와 정밀도를 높이게 된다. 둘째, 데이터 통합과 관리 단계에서는, 각 부처와 기관에서 제공하는 정보를 Open-API 방식으로 연계하여 활용도를 높인다. 그리고 생태관측망으로부터 수집된 다양한 정보의 데이터베이스를 구축한다. 생태정보의 경우 예코뱅크의 데이터 표준을 반영하여 기술표준을 정하고 데이터의 정합성을 확보한다. 그리고, 사업 단위에서는 통합정보관리시스템의 플랫폼

폼 개발, 클라우드 인프라 구축, 데이터 표준 정비, 기후대응 예측분석 모델 개발을 단계적으로 추진하도록 하였다. 마지막으로, 생태계 리스크 평가 단계에서 생태계 분야 18개 기후변화 리스크 항목별로 평가지표와 항목을 구체화하고, 생태계·기후 통합정보를 활용하여 현황 분석과 중장기 예측을 모의한다. 그리고 무엇보다도 생태계 리스크 현안에 대한 목표설정에서부터 기후적응대책을 마련까지 성공적으로 통합정보관리시스템을 구축하기 위해서 환경부를 비롯하여, 다부처 협의체, 그리고 생태원의 미션을 정의하고 효과적으로 이행하도록 하였다(Fig. 2).

4.2. 시스템 활용방안과 기대효과

통합정보관리시스템이 구축·운영되면 데이터 국가표준화, 예측모형 고도화, 범부처 기후위기 협력대응이 가능할 것으로 기대한다.

첫째, 생태계 분야 국내 기후변화 리스크 항목의 분석·평가에 필요한 다부처 자료의 통합과 연계를 위한 국가 표준정보를 제시할 수 있다. 현재는 부처별 관리영역(산림, 해양, 습지 등)이 구분되어 있어 자료생산의 시기, 목적, 방법이 달라 물리적 융합에 한계가 있었지만, 앞으로, 국가 표준정보가 마련되면 부처별로 생산되는 유사자료의 통합연계를 보다 효과적으로 수행할 수 있다.

둘째, 국립생태원 생태관측망에서 생산되는 실시간 관측정보와 유관기관의 자동관측 기상자료를 연계하여 생태계 탄소흡수원의 기능평가, 생물계절 현상의 예측 정확도 제고 등 생태계 예측모형의 고도화를 달성할 수 있을 것이다.

마지막으로 국가 단위 표준화된 정보 수집과 제공 체계

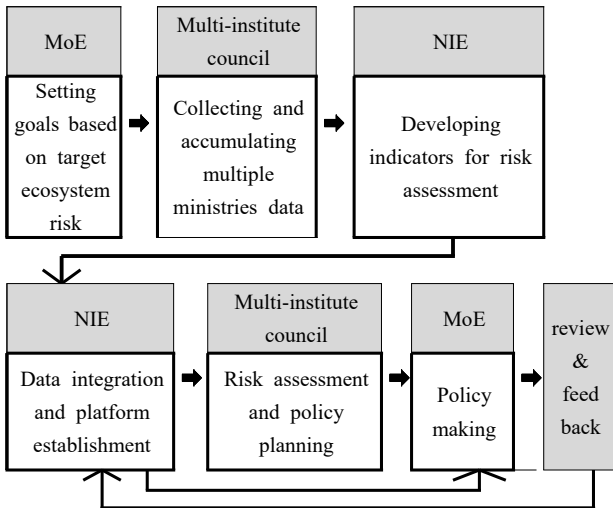


Fig. 2. Policy making process and roles of government, council and NIE based on integrated information platform

를 공유하게 된다면 다부처가 공동으로 기후변화 원인진단과 생태계 영향감시 기반을 제공하여 기후위기 협력대응을 기대할 수 있다.

5. 결론

기후위기 시대 2050 탄소중립과 2030 네이처 포지티브에 적극적으로 대처하기 위하여, 정부는 국가 기후변화 적응대책을 수립하여 생태계 분야 기후변화 리스크 목록을 지정하였으며, 탄소중립기본법을 제정하여 기후위기 적응정보 시스템을 구축하도록 제도화하였다.

본 연구에서는 기후변화 생태계 리스크 분석에서 요구되는 생태계·기후 데이터의 종류와 정보생산 부처의 다양성을 조사하여 생태계 분야 기후적응정보의 통합관리 필요성을 도출하였다. 그리고, 국내의 생태정보 포털과 미국과 유럽의 기후변화 적응정보 플랫폼의 대표사례를 분석하여 국내 시스템의 현황과 한계, 그리고 국외 사례 분석을 통해서 국내에서도 기후위기 생태계 분야의 다양하고 복잡한 현안에 대해 보다 체계적이고 적극적으로 대응할 수 있는 생태계 기후 통합정보관리의 방향성을 도출하였다. 그리고, 이를 통합정보관리시스템의 목표 모델을 설계에 반영하여, 데이터 수집, 데이터 통합관리, 생태계리스크 평가, 정책활용으로 구분하여 추진방안을 제시하였다. 특히, 장기적으로는 연계 기관과의 조사 데이터 표준을 마련하고, 국립생태원의 생태계 표준관측망을 통해 수집되는 관측 데이터의 품질관리가 지속적으로 요구된다.

향후 생태계 기후위기 대응 통합정보관리시스템 구축을 통하여, 국가 단위에서 기후변화의 원인을 진단하고 생태계 영향을 감시할 수 있는 표준화된 정보체계가 마련된다면 과학기반 범부처 기후위기 공동대응 추진을 기대할 수 있을 것이다.

사사

본 논문은 환경부의 재원으로 국립생태원의 지원을 받아 수행하였습니다 (NIE-수탁연구-2023-102).

References

Ayob N, Burger RP, Belie MD, Nkosi NC, Havenga H, de Necker L, Cilliers DP. 2023. Modelling the historical

distribution of schistosomiasis-transmitting snails in South Africa using ecological niche models. *PLoS ONE* 18(11): e0295149. doi: 10.1371/journal.pone.0295149

Buontempo C, Hutjes R, Beavis P, Berckmans J, Cagnazzo C, Vamborg F, Thépaut JN, Bergeron C, Almond S, Amici A, Ramasamy S, Dee D. 2020. Fostering the development of climate services through Copernicus Climate Change Service (C3S) for agriculture applications. *Weather Clim Extremes* 27: 100226. doi: 10.1016/j.wace.2019.100226

Cho J, Jung I, Cho W, Lee E, Kang D, Lee J. 2018. Suggestion of user-centered climate service framework and development of user interface platform for climate change adaptation. *J Clim Change Res* 9(1): 1-12 (in Korean with English abstract). doi: 10.15531/KSCCR.2018.9.1.01

Heo H, Park S. 2023. A study on the identifying OECMs in Korea for achieving the Kunming-Montreal global biodiversity framework. *Korean J Environ Ecol* 37(4): 302-314 (in Korean with English abstract). doi: 10.13047/KJEE.2023.37.4.302

Karl T, Melillo R, Peterson T. 2009. Global climate change impacts in the United States: U.S. global climate change research program. Cambridge: Cambridge University Press.

Kikstra JS, Nicholls ZRJ, Smith CJ, Lewis J, Lamboll RD, Byers E, Sandstad M, Meinshausen M, Gidden MH, Rogelj J, Kriegler E, Peters GP, Fuglestedt JS, Skeie RB, Samset BH, Wienpahl L, van Vuuren DP, van der Wijst K, Al Khourdajie A, Forster PM, Reisinger A, Schaeffer R, Riahi K. 2022. The IPCC sixth assessment report WGIII climate assessment of mitigation pathways: From emissions to global temperatures. *Geosci Model Dev* 15(24): 9075-9109. doi: 10.5194/gmd-15-9075-2022

Lee H, Ju H, Jeon J, Lee M, Suh S, Kim H. 2021. Evaluation of carbon sequestration capacity of a 57-year-old Korean pine plantation in Mt. Taehwa based on carbon flux measurement using eddy-covariance and automated soil chamber system. *J*

- Korean Soc For Sci 110(4): 554-568 (in Korean with English abstract). doi: 10.14578/jkfs.2021.110.4.554
- Locke H, Rockström J, Bakker P, Bapna M, Gough M, Hilty J, Lambertini M, Morris J, Polman P, Rodriguez CM, Samper C, Sanjayan M, Zabey E, Zurita, P. 2021. A nature-positive world: The global goal for nature.
- Mattern K, Giannini V, Downing C, Gomes A, Ramieri E, Karali E, Capela Lourenco T, de Jong F, Coninx I, Marras S, Medri S, Kazmierczak A. 2018. Sharing adaptation knowledge across Europe: Evidence for the evaluation of Climate-ADAPT. Copenhagen, Denmark: European Environment Agency. ETC/CCA Technical Paper No. 2018/2.
- Park S, Koo K, Kong W. 2016. Potential impact of climate change on distribution of warm temperate evergreen broad-leaved trees in the Korean Peninsula. J Korean Geogr Soc 51(2): 201-217 (in Korean with English abstract).
- Sung S, Kwon Y, Kim K. 2018. Development and applications of ecological data portal service (EcoBank) for sharing ecological information of Korea. Korean J Ecol Environ 51(3): 212-220 (in Korean with English abstract). doi: 10.11614/KSL.2018.51.3.212
- Yeo I, Hong S. 2020. A survey of ecological knowledge and information for climate change adaptation in Korea. J Environ Impact Assess 29(1): 26-36 (in Korean with English abstract). doi: 10.14249/eia.2020.29.1.26
- Youn J. 2014. The establishment of BPR for national spatial data infrastructure quality management system. J Korean Soc Geospat Inf Syst 22(4): 81-89 (in Korean with English abstract).