

생태계 부문의 기후변화 적응 갭 분석

김미래* · 박진한**† · 송영일*** · 박찬****

*한국환경연구원 기후대기연구본부 국가기후위기적응센터 연구원, **한국환경연구원 기후대기연구본부 국가기후위기적응센터 부연구위원,

한국환경연구원 기후대기연구본부 국가기후위기적응센터 선임연구위원, *서울시립대학교 도시과학대학 조경학과 부교수

Analysis of Climate Change Adaptation Gap in the Ecosystem

Kim, Mirae* · Park, Jin-Han**† · Song, Young-Il*** · Park, Chan****

*Researcher, Korea Adaptation Center for Climate Change, Climate and Air Quality Research Group, Korea Environment Institute, Sejong, Korea

**Research Fellow, Korea Adaptation Center for Climate Change, Climate and Air Quality Research Group, Korea Environment Institute, Sejong, Korea

***Chief Research Fellow, Korea Adaptation Center for Climate Change, Climate and Air Quality Research Group, Korea Environment Institute, Sejong, Korea

****Associate Professor, Department of Landscape Architecture, College of Urban Science, University of Seoul, Seoul, Korea

ABSTRACT

As increasing the damage caused by climate change and attention of the people, the appearing of the terms ‘adaptation gap’, ‘adaptation goals’ are increasing. However, there are no clear definitions of these terms. This study defined climate change adaptation gap as the difference between the adaptation goals and adaptation effort, set quantitative adaptation goals and analyzed climate change adaptation gap. By analyzing the climate change adaptation gap, it can be evaluated the effectiveness of climate change adaptation plans and directed the future national climate change adaptation plan. This study’s methodology is selecting the index based on National Climate Change Adaptation Plan (NAP) Risk, assessment of data availability, setting quantitative adaptation goals, driving the climate change adaptation gap and proposing the way to improve climate change adaptation plan in the future. At this time, expert discussion was conducted to select the additional index and review national climate change adaptation action plan. The important purpose of the study is to analyze the climate change adaptation gap by setting the quantitative adaptation goals. Following this study’s methodology, intent to set up the quantitative adaptation goals, analyze the adaptation gap and contribute to the establishment of national climate change adaptation plan in the future.

Key words: Environment Program, Policy Assessment, Implement Assessment, Quantitative Adaptation Goals, National Climate Change Adaptation Plan

1. 서론

기후변화 대응 정책은 크게 온실가스 감축과 기후변화 적응으로 구분할 수 있다. 이때, 온실가스 감축은 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법 시행령」제3조 제1항에 의거 2030년 온실가스 감축목표를 2018년 대비

40% 감축이라는 정량적인 목표로 설정하여 추진중에 있다. 그러나 기후변화 적응은 기후변화로 인한 위험을 최소화하고 기회를 최대화하는 대응방안으로 정량적인 적응 목표 설정이 어려운 한계가 있다. 이에 기후변화 적응과 적응 갭에 대한 관심이 증가하는데 비해 정량적 적응 목표 설정이 선행되어야 하는 적응 갭 분석에 대한 연구는 드물

†Corresponding author : jinhan@kei.re.kr (232, Gareum-ro, Sejong-si, 30121, Korea. Tel. +82-44-415-7780)

ORCID 김미래 0000-0003-3598-5666
박진한 0000-0002-4186-0467

송영일 0000-0002-6677-7336
박 찬 0000-0002-4994-6855

다. 기후변화 적응 갭 분석 사례를 보면 주로 정성적으로 기술하는 경우가 많으며 정량적인 지표로는 기후변화 적응에 필요한 예산과 실질적으로 집행된 예산의 차이를 분석하는 정도이다. 또한, 기존의 기후변화 정량적 평가는 기후변화 리스크를 대상으로만 진행되고 있다(Cho et al, 2016; Ye et al, 2021). 기후변화 적응을 정량적으로 분석한 사례는 미비하지만, 기후변화 적응에 대한 중요성이 커지고 있어 본 연구는 기후변화 적응을 정량적으로 분석하기 위해 적응 갭 분석 연구를 수행하고자 한다.

「한국 기후변화 평가보고서 2020」(Ministry of Environment, 2020)에 따르면 생태계 부문의 기후변화로 인한 영향 및 전망은 크게 식물생태계, 동물생태계, 취약생태계로 구분할 수 있다. 식물생태계의 경우 생육기간이 증가하고 해발고도가 높아질수록 아고산 식물종 등의 비율이 높아지고 종의 다양성이 감소하는 것으로 나타났다. 동물생태계의 경우 남방계 나비와 조류 등이 북쪽으로 넓어지거나 남부지방에서 새로운 남방계 종이 유입되고 외래종의 전국적인 확산이 뚜렷하게 나타났다. 기후변화에 취약한 멸종위기 종은 서식지 감소가 두드러지고 곤충류의 개체군도 감소할 것으로 예측되었다. 그리고 취약생태계는 기후변화에 따른 민감성이 커서 생물종의 구성이나 분포역의 변화가 빠르고 극단적인 방향으로 나타났다(Ministry of Environment, 2020).

우리나라는 2010년부터 기후변화 적응대책을 수립 및 이행하였으며 현재 「제3차 국가 기후변화 적응대책」을 이행 중에 있다. 「제1차 국가 기후변화 적응대책」의 생태계 부문은 생태계 변화양상 파악, 장기 생태계관리 방안 마련, 생물다양

성 확보를 목표로, 「제2차 국가 기후변화 적응대책」의 생태계 부문은 지속가능한 자연자원 관리 정책하에 생태계 피해 및 생물다양성 감소 최소화를 목표로, 「제3차 국가 기후변화 적응대책」에서는 생태계 건강성 유지를 위한 기후변화 적응 역량 강화를 목표로 국가 기후변화 적응대책을 수립하였다.

생태계 부문에서 기후변화로 인한 변화가 빠르고 극단적으로 나타나는 만큼 기후변화로 인한 영향이 더욱 심각해질 것으로 예상된다. 또한, 기후변화 적응을 위한 국가 기후변화 적응대책에서도 생태계의 변화양상 파악에서 건강성 유지 및 기후변화 적응 역량 강화로 점차 점진적인 대책을 수립하고 있다. 이에 본 연구는 문헌고찰을 통해 적응 갭을 정의하고 생태계 부문의 정량적 적응목표를 설정하여 적응 갭 분석을 통해 기후변화 적응대책과 연계하여 지난 10년간 이행한 국가 기후변화 적응대책의 효과성과 실효성을 살펴보고자 한다. 본 연구는 그간 정량적 목표를 설정하기 어려웠던 기후변화 적응 부문에서의 적응목표 설정 방법론을 제시하고 실제 생태계 부문에 적용함으로써 향후 부문별 국내 기후변화 적응 갭 분석을 위한 정량적 적응목표 설정 및 기후변화 적응대책 실효성 확보에 기여하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구는 문헌고찰, 적응 갭 정의, 적응목표 설정, 적응 갭 분석 순으로 수행되었다(Table 1). 기후변화 적응 갭 보고서 작성 사례 분석을 통해 기후변화 적응 갭에 대해 정

Table 1. Research flow

Literature review	<ul style="list-style-type: none"> • Analysis of climate change gap reports • Definition of climate change adaptation gap
Set adaptation goals	<ul style="list-style-type: none"> • Select the index based on National Climate Change Adaptation Plan (NAP) Risk • Expert discussion (additional index, review of National Climate Change Adaptation Plan, etc) • Assessment of data availability * Set global adaptation gap through expert discussion and data availability assessments
Adaptation gap Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Drive the climate change adaptation gap (difference between adaptation goal and adaptation efforts) by index • Review the climate change gap associate with national climate change adaptation plan by index
Conclusion	<ul style="list-style-type: none"> • Finding the way to improve climate change adaptation plan in the future

의하고, 적응 목표 설정을 위해 국가 기후변화 적응 대책 리스크를 대표할 수 있는 생태계 부문 지표를 선정하였다. 이 과정에서 전문가 논의를 통해 추가 지표를 선정하고 국내외 데이터 가용성 평가 결과 검토와 적응목표 설정 및 갭 분석을 위한 국가 기후변화 적응대책을 검토하고 지표 DB를 구축하였다. 적응목표 설정은 국제적 기준에 부합하도록 설정할 필요성이 있다고 판단하였으며, 데이터 가용성과 함께 국제적으로 논의되고 인정받을 수 있는 정량적 적응목표 설정을 목표로 하였다. 이때, 갭 분석은 구축된 데이터 분석을 통해 정량적으로 설정한 적응목표 대비 지난 10년간 추이를 비교하여 다양한 지표를 기반으로 생태계 부문의 갭 변화양상을 확인하고자 하였다. 갭 분석 결과를 지표별 국가 기후변화 적응대책의 대책 수, 예산 변화와 연계하여 국가 기후변화 적응대책에 따른 갭 변화를 살펴보고 기후변화 적응 갭 감소를 위한 국가 기후변화 적응대책의 방향성에 대해 논의하고자 한다.

본 연구의 시간적 범위는 「제1차 국가 기후변화 적응대책」과 「제2차 국가 기후변화 적응대책」의 수립 및 이행 기간인 2011년에서 2020년으로 설정하였으며 내용적 범위는 적응 갭 정의 및 적응 목표 설정, 국가 기후변화 적응대책의 실효성을 분석하는 것이다. 국가 기후변화 적응대책과의 연계성을 위해 「제2차 국가 기후변화 적응대책」 리스크를 기반으로 생태계 부문의 목표를 설정하고자 한다.

3. 기후변화 적응 갭 정의

국내 기후변화 적응 갭 보고서 작성 사례는 미비하지만, UN environment programme (UNEP)에서는 2014년 이후 꾸준히 기후변화 적응 갭 보고서를 작성하여 발간하고 있다. 2014년 발간된 UNEP의 ‘Adaptation Gap Report (UNEP, 2014)’는 향후 적응 갭 보고서의 도출을 위한 예비 평가의 목적으로 발간되었으며 처음으로 적응 갭에 대해 ‘적응 노력과 적응을 위해 세워진 사회 목표 간 차이’로 정의하고 있다. UNEP (2014)에서는 크게 ① 재정 갭 (funding gap), ② 기술적 갭(technology gap), ③ 지식 갭 (knowledge gap)의 세 가지 유형으로 적응 갭이 존재할 수 있음을 예비 평가로서 고찰하였다. 각 항목에서 발생할 수 있는 적응 갭에 대해 정의하며 기후변화 적응에 필요한 금액과 실제 사용된 금액의 차이로 적응 갭을 평가하였다. 이는 국제적 기후변화 적응 갭을 고찰하기 위한 것으로 국가 단위의 갭보다는 국제적 단위의 미흡한 사안을 선행평가로서 고찰하였다. IPCC (2014)는 ‘현재 시스

템의 상태와 기존의 조건 및 변동성으로부터 불리한 영향을 최소화하는 상태 간의 차이’로 적응 갭을 정의하였다. Chen et al.(2016)은 적응 갭을 ‘현재 존재하는 적응 노력과 적응 필요성 간의 차이’로 정의하였다. UNEP (2017)은 UNEP (2014)와 동일하게 적응 갭을 정의하였으나 한층 강화하여 적응 갭 평가 체계를 제시하였다. UNEP (2014)는 적응 갭의 개념에 대한 정의를 내리고 갭의 예시로 재정, 기술, 지식 부문에 대해 성공적인 적응을 수행하기 위한 한계점을 제시했다면 UNEP (2017)은 재정-기술-지식 측면을 넘어 서술적 질문과 비평적 질문을 고려하여 과정 뿐만아니라 적응으로 인한 결과 측면에서 보다 포괄적으로 전체 적응 과정에 대해 갭을 평가할 필요가 있음을 제시하였다. UNEP (2018)도 UNEP (2014)와 동일하게 적응 갭을 정의하였지만 기존의 적응 갭 보고서와 달리 ‘건강 부문’을 대상으로 갭을 진단하였다. ‘폭염 및 타 극한기후, 기후 민감 전염병, 식량안보’의 세 가지 측면에 대한 건강 부문의 적응 갭을 고찰하였다. UNEP (2014)와 UNEP (2017)에서는 적응 갭을 과정, 결과 측면에서 다각도로 살펴봐야 한다는 점을 진단하고 강조하여 제시하였다면, UNEP (2018)은 건강 부문에 초점을 맞추어 시범적으로 적응 갭을 진단하고 과정과 결과 기반의 지표를 고려하여 적응 갭을 진단할 필요가 있음을 강조하였다.

사례분석 결과 적응 갭은 정량적이고 물리적인 수치로 나타내기 어려운 한계점이 존재한다는 것을 알 수 있지만 대부분의 연구에서 적응 갭은 목표와 현재 상황과의 차이로 정의한다고 볼 수 있다. 이에 본 연구는 기후변화 적응 갭을 ‘적응 목표와 적응 노력 간의 차이’로 정의하였으며, 국가 기후변화 적응대책의 이행 등을 적응 노력으로 정의하였다. 이때 적응 갭 분석을 위한 적응목표는 리스크별로 설정하였으며, 적응목표의 전체적인 방향은 「제2차 국가 기후변화 적응대책」의 목표인 ‘기후 안전 사회’로 정의하였다.

4. 적응 갭 분석 결과

4.1 생태계 목표설정 및 현황

기후변화 적응목표를 설정하고 적응 갭을 도출하기위해 국가 기후변화 적응 대책 리스크 기반 지표를 선정하여 국내외 데이터 가용성 평가를 수행하였다. 데이터 가용성 평가는 Jang et al.(2020)에서 수행한 생태계 부문 국가 기후변화 적응대책 리스크 기반 국내 데이터 가용성 평가 결과를 참고하였다. <Table 2>에서 보이는 바와 같이 총 3개 리스크 기

반 3개 지표(멸종위기종(생태계 교란 생물) 연안서식지, 산불)와 전문가 판단에 의한 1개 지표(보호면적(육상, 해양)) 추가로 총 4개의 지표를 선정하였다. 지표별 데이터 가용성 평가 결과 국내에서는 국가통계포털, 산림청 등과 같은 부처에서 관련 데이터가 구축되어있었다(KOSIS (Korean Statistical Information Service)). 국외의 경우 IUCN (International Union for Conservation of Nature) 주도하에 생태계 관련 업무가 이루어졌고 CBD (Convention on Biological Diversity)에서 2011~2020년까지 Aichi Biodiversity Target(아이치 타겟)을 지정하여 생물 보존에 기여하고 있었다(CBD (Convention on Biological Diversity)). Aichi Biodiversity Target은 5개의 전략적 목표와 총 20개의 하위 목표로 구성되어 있었으며 본 연구 범위와 일치해 생태계 부문의 대표 지표별 적응목표를 설정하는데 적극적으로 활용하였다.

생태계 부문의 「제2차 국가 기후변화 적응대책」 리스크 중

‘기후변화에 취약한 국내 고유특산종 멸종위기 가속화’에 대한 지표로 멸종위기종과 생태계 교란 생물을 선정하였다. 국가통계포털에서 국내 멸종위기종 지정현황을 정리하면 <Table 3>과 같으며 증가하는 경향을 보였다. 국외에서는 IUCN (International Union for Conservation of Nature)의 Red List를 통해 멸종위기종 목록을 관리하고 있으며 13만 4,000종 이상이 등재되어 있다. Red List는 앞으로 16만 종의 평가를 목표로 하고 있으며 이는 현재 대비 약 20% 증가한 수치이다. 이때 멸종위기 지정 종수는 생태계 건강성을 보여주는 척도로 활용되며, 생물 다양성을 보전하고 건강한 생태계의 회복을 목표로 지정된다. CBD의 아이치 타겟 중 아이치 타겟 12는 알려진 멸종위기에 처한 종들의 멸종을 방지하고 그들의 보존 상태 개선(멸종위기종)을 목표로 하고 있어 본 리스크와 관련 있음을 확인하였다. 국내 생태계 교란 생물은 한국 외래생물 정보시스템에서 환경부고시 제2016-112호에

Table 2. Adaptation Goals by Index based on NAP climate change risk

NAP Climate Change Risk	Indexes	Adaptation Goals
Accelerating the endangered species vulnerable to climate change	Endangered Species (Invasive Alien Species)	<ul style="list-style-type: none"> Endangered Species increased by 20% Aichi target 12 (extinction prevented) Aichi target 9 (invasive alien species prevented and controlled)
Decreasing mud flat areas caused by sea level rise and wave pattern change	Mud Flat Areas	<ul style="list-style-type: none"> Reaching the area of mud flat in 1987 in Korea
Damage trees due to increased forest fire	Forest Fire	<ul style="list-style-type: none"> K-forest fire prevention measures goal; Minimize forest fire and damage through effective and primary (preemptive) response 32% decreased the number of forest fire in Korea
-	Protected Areas (Terrestrial, Marine)	<ul style="list-style-type: none"> Aichi target 11 (protected areas)

Table 3. Endangered Species

Species (number)	Year									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Mammal	22	22	20	20	20	20	20	20	20	
Birds	61	61	61	61	61	61	61	63	63	
Amphibian / Reptile	6	6	7	7	7	7	7	8	8	
Insect	20	20	22	22	22	22	22	26	26	
Fish	18	18	25	25	25	25	25	27	27	
Invertebrate	29	29	31	31	31	31	31	32	32	
Plants	64	64	77	77	77	77	77	88	88	
Seaweed	1	1	2	2	2	2	2	2	2	
Higher fungi	-	-	1	1	1	1	1	1	1	
Total	221	221	246	246	246	246	246	267	267	

따라 총 35종에 대한 지정현황을 확인하였다(Information of Korea Alien Species). 국외에서는 IUCN 주도하에 GISD (Global Invasive Species Database) 등 플랫폼을 활용하여 아이치 타켓 9를 목표로 교란 생물을 관리하고 있다. 이때 아이치 타켓 9는 외래종 보호와 통제에 관련한 내용으로 침습적 외래종과 경로를 파악해 우선순위를 정하고, 우선종을 통제하거나 근절하며, 이들의 도입을 막기 위한 경로 관리 방안 마련을 목적으로 하고 있다. 이에 본 연구는 멸종위기종과 생태계 교란 생물 지표에 대해 현재 국내에서 식별된 종에서 약 20% 증가한 약 320종의 멸종위기종 지정, 아이치 타켓 12 (extinction prevented), 아이치 타켓 9 (invasive alien species prevented and controlled)를 적응목표로 설정하였다.

‘해수면 상승과 파후(도)패턴 변화로 인한 연안서식지(갯벌) 감소’ 리스크 지표로 연안서식지를 선정하였다. 연안서식지 면적은 <Table 4>와 같이 국가통계포털에서 1987년, 1998년, 2003년, 2008년, 2013년, 2018년 총 6개년에 대한 현황을 확인할 수 있었으며 연안서식지 면적이 감소하는 경향을 확인하였다. 국외에서는 ‘OECD 주요국(한국, 이탈리아, 일본, 독일, 영국, 미국, 프랑스, 호주)의 람사르협약 지정 습지 면적’과 ‘세계 주요 갯벌 현황’에 대한 자료를 확인할 수 있으나 람사르협약 지정 습지 면적은 갯벌만 포함될 수치가 아니었고 갯벌 면적에 대한 추세 파악이 어려웠다. 그에 확인할 수 있는 데이터들을 종합하여 전문가들과 논의 하였지만, 갯벌 관련 국내외 정량적 데이터 확인과 변화양상이나 달성 목표를 찾기 어렵다는 결론을 통해 감소 추세를 보이는 국내 갯벌 면적 중 최고 높은 면적을 보였던 1987년의 연안습지 면적 도달을 적응목표로 설정하였다.

‘산불(화재) 증가로 인한 수목 피해’ 리스크에 대한 지표를 산불로 선정하였다. 국내 산불 발생 건수 및 피해 현황도 다른 지표와 마찬가지로 국가통계포털에서 확인할 수 있었으며 산림

청에서 매년 수립하는 「K-산불방지종합대책」을 통해 지자체별 산불 방지 대책 수립을 권고하고 있음을 확인하였다(Korea Forest Service, 2020). 또한, 관련 부처에서 발간하는 산불통계 연보를 통해 국내뿐만 아니라 국외 산불 발생 현황을 확인하였다. 본 연구는 국외 중 미국 산불 발생 현황에 초점을 맞추었으며 미국의 경우 Forest Service 포털을 운영하며 산불 적응위원회를 통해 산불 방지 방법 및 산불 발생 시 대피 방법 등 산불 발생과 관련하여 수립된 내용을 확인할 수 있다(US Forest Service). <Table 5>에서 2010~2020년 동안 국내 산불 발생 건수와 2010~2019년 동안 미국 산불 발생 건수 추이를 비교해 보면 국내 산불 발생 건수는 증가 추세를 보이지만, 미국 산불 발생 건수는 감소 추세를 보이는 것을 알 수 있다. 이에 본 연구는 「K-산불방지종합대책」의 정책목표인 ‘효과적이고 선제적인 대응으로 산불발생 및 피해 최소화’와 국내 산불 발생 감소를 적응목표로 설정하였다. 또한, 본연구가 국제적 기준을 따라 정량적 목표 설정을 목표로 하는 만큼 2010년 71,971건 대비 2019년에 49,492건으로 32% 산불 발생 감소를 보인 미국의 사례를 따라 국내 산불 발생 건수도 국내 산불 발생 건수도 2020년 620건 대비 32% 감소한 421건을 적응목표로 설정하였다.

보호 면적(육상, 해양)의 경우 전문가 논의를 통해 추가된 것으로 「제2차 국가 기후변화 적응대책」 리스크와 연계되는 항목은 없다. 국내 보호 면적(육상, 해양) 현황은 한국 보호지역 통합DB 시스템에서 확인할 수 있었다(KDPA (KOREA Database on Protected Areas)). 해당 포털에 따르면 2021년 기준 국토면적 대비 중복 제외 한 육상 보호 면적은 16.86%, 해양 면적 대비 중복 제외 한 해양 보호 면적은 2.12%이다. 또한, World Bank(세계은행) 데이터 구축 시스템에서 2016년부터 2018년까지의 면적 대비 육상, 해양 보호 면적을 알 수 있었다. CBD의 아이치 타켓 중 아이치 타켓 11은 보호 면적증가와 향상을 목표로 하고 있으며, 구

Table 4. Mud Flat Areas

Year	1987	1998	2003	2008	2013	2018
Area (km ²)	3,203	2,393	2,550	2,489	2,487	2,482

Table 5. Forest Fire

Year	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Number											
Korea (number)	282	277	197	296	492	623	391	692	496	653	620
America (number)	71,971	74,126	67,774	47,579	63,612	68,151	67,595	71,499	58,083	49,492	-

체적으로는 육상 보호지역을 17%, 해양 보호지역을 10% 이상 확대토록 권고하고 있다. 이에 본 연구는 국제적 기준에 따라 현재 국내 육상 및 해양 보호 면적을 증가하도록 권고하는 아이치 타겟 11을 적응목표로 설정하였다.

4.2. 적응 갭 분석

앞서 설정한 정량적 적응목표 대비 지난 10년간 추세를 비교해 보면 <Fig. 1>과 같다. 기후변화에 취약한 국내 고유특산 종 멸종위기 가속화에 대한 지표는 멸종위기 종과 생태계 교란 생물이며 적응목표는 국내에서 식별된 종에서 약 20% 증가한 약 320종의 멸종위기종 지정이다. 멸종위기종 지정 종수는 꾸준히 증가하는 경향을 보이지만, 2017년 이후 개정 사항이 없으며 267종에 머물러 있으며 멸종위기종 320종 지정이라는 적응목표에 도달하지 못하였다. 이때, 생태계 교란 생물은 연도별 통계자료가 구축되어있지 않아 함께 비교하기 어려웠다. 본 연구진이 설정한 멸종위기종 지정, 아이치 타겟 12, 아이치 타겟 9의 적응목표를 달성하기 위해서는 관련 데이터 구축 및 모니터링에 대한 정책을 증가가 필요하며 무엇보다 생물 다양성을 보전하고 건강한 생태계의 회복을 위해 생태계 건강성을 보여 주는 척도인 멸종위기종 지정을 위한 노력이 필요하다.

해수면 상승과 파후(도)폐턴 변화로 인한 연안서식지 감

소 리스크에 대한 지표는 연안서식지로 적응목표는 국내 1987년 연안습지 면적 도달이다. 연안서식지 면적은 간척지 개발 등의 영향으로 감소하는 경향을 보였고 적응목표에 도달하지 못하였다. 연안서식지는 생물들의 주요 서식지로서 현재 빠르게 진행되는 기후변화로부터 생물의 서식지를 보존하기 위해 간척지 개발 정책이 아닌 연안서식지 보호 정책으로 연안서식지 증가에 대한 노력이 필요하다.

산불(화재) 증가로 인한 수목 피해 리스크에 대한 지표는 산불로 적응목표는 2020년 산불 발생 건수 대비 32% 감소한 연 421건 발생이다. 국내 산불 발생 건수는 연도별 편차는 있지만 증가하는 경향을 보이며 연 발생 건수 421의 적응목표는 달성하지 못하였다. 산불은 다른 지표들에 비해 비교적 데이터 구축이 잘 되어있고 관련 정책도 시행중에 있었지만, 기후변화로 인해 산불 발생의 빈도가 증가하다. 「K-산불방지종합대책」의 정책목표인 적응목표를 달성하기 위해서는 산불 등과 같이 산림에서 발생할 수 있는 산림재해 예방에 대한 구체적인 내용을 담고 있는 정책과 관련 데이터 구축이 필요하다.

육상, 해양 보호면적의 적응목표는 아이치 타겟 11로 육상 보호면적 17%, 해양 보호면적 10% 이상 확대이다. 국내 육상 보호면적의 비율은 꾸준히 증가하여 적응목표에

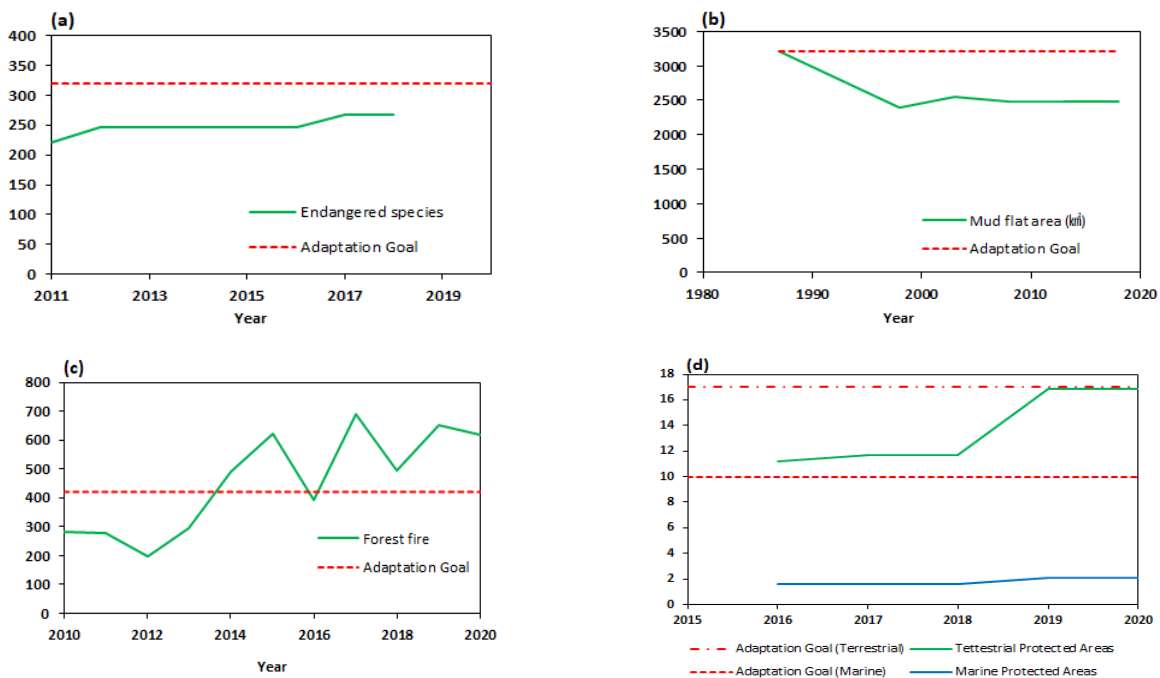


Fig. 1. Climate change adaptation gap; (a) Endangered species; (b) Mud flat areas; (c) Forest fire; (d) Protected areas (Terrestrial/Marine)

거의 도달하였고 해양보호면적도 증가하는 경향은 보였으나 적응목표를 도달하지 못했다. 국내 보호면적의 경우 환경부, 해양수산부, 산림청, 문화재청, 국토교통부 등 5개 부처 소관의 14개 법률에 의해 소관부처에 마다 각각 지정·관리해 오고 있다가 최근에 통합된 만큼 이전의 통계자료가 삭제된 경우가 많았다. 세계은행에서 통계적 데이터로 구축한 기간 외에 국내에서는 보호면적 관련 연구를 수행하고 보호면적 증가를 위해 노력하였다. 그에따라 육상보호면적은 크게 증가하여 적응 목표를 달성할 수 있었지만, 해양보호면적에 대한 노력은 부족하다. 육상보호면적에 대한 관심만큼 해양보호면적에도 관심을 기울여 적응목표인 해양보호면적 10% 달성을 위한 노력이 필요하다.

4.3. 결과 및 고찰

<Fig. 2>에서 보이는 바와 같이 지난 10년간 기후변화 적응 갭 현황을 살펴보면 멸종위기 종은 2011년에 비하여 적응 갭이 감소하였지만 약 20% 정도 갭을 보인다. 연안서식지는 지난 10년간 적응 갭 변동이 없이 20% 정도 갭을 보인다. 산불의 경우 연도별 국내 산불 발생 건수가 크게 증가하는 만큼 2013년 대비 갭이 크게 증가하여 약 30%정도 갭을 보인다. 육상보호면적의 경우 적응목표를 달성하였고 해양보호면적은 2016년 대비 적응 갭은 감소하였지만 약 80%정도의 적응 갭을 보였다. 결과적으로 기후변화 적응 갭은 2020년 기준 해양보호면적은 약 80%,

산불은 약 30%, 멸종위기 종, 연안서식지의 경우 약 20%의 순으로 갭을 보였으며 육상보호면적은 적응목표를 거의 도달하였다. 이는 생태계 부문을 대표하는 5개의 지표 중 1개의 지표만 적응목표를 달성하여 20%의 달성도로 낮은 수치이다.

생태계 부문의 대표 지표별 적응목표대비 적응 노력인 갭 분석을 바탕으로 지난 10년간 국가 기후변화 적응대책(「제1차 국가 기후변화 적응대책」, 「제2차 국가 기후변화 적응대책」)과 연계하여 기후변화 적응목표 대비 적응 노력에 대해 지표별로 고찰하였다(Table 6).

멸종위기 종(생태계 교란 생물)과 관련된 「제1차 국가 기후변화 적응대책」은 총 17개이며 전체 예산은 1,589.43억이다. 「제2차 국가 기후변화 적응대책」은 총 20개이며 전체 예산은 8,815.22억이다. 논, 해양, 담수 등 다양한 공간에서의 생태계 모니터링, 교란, 외래종 유입 관련 정책을 수립하였으며 기후변화와 직접적으로 관련 있는 정책이 수립되었다. 적응 갭이 감소하고 있는 만큼 현재추세에 따라 멸종위기 종에 직접적으로 연계된 정책을 수립한다면 적응 목표에 도달할 수 있을 것이다.

연안습지와 관련된 「제1차 국가 기후변화 적응대책」은 총 2개이며 예산은 3,276억이다. 「제2차 국가 기후변화 적응대책」은 총 5개이며 예산은 5,233.3억이다. 앞서 살펴본 멸종위기 종(교란 종) 대책에서 지난 10년간 생태계 서식지에 대한 관심 증가를 보였듯이 연안습지 관련 정책과 예산은 큰 폭으로 증가하였다. 비록 본 연구가 설정한 적

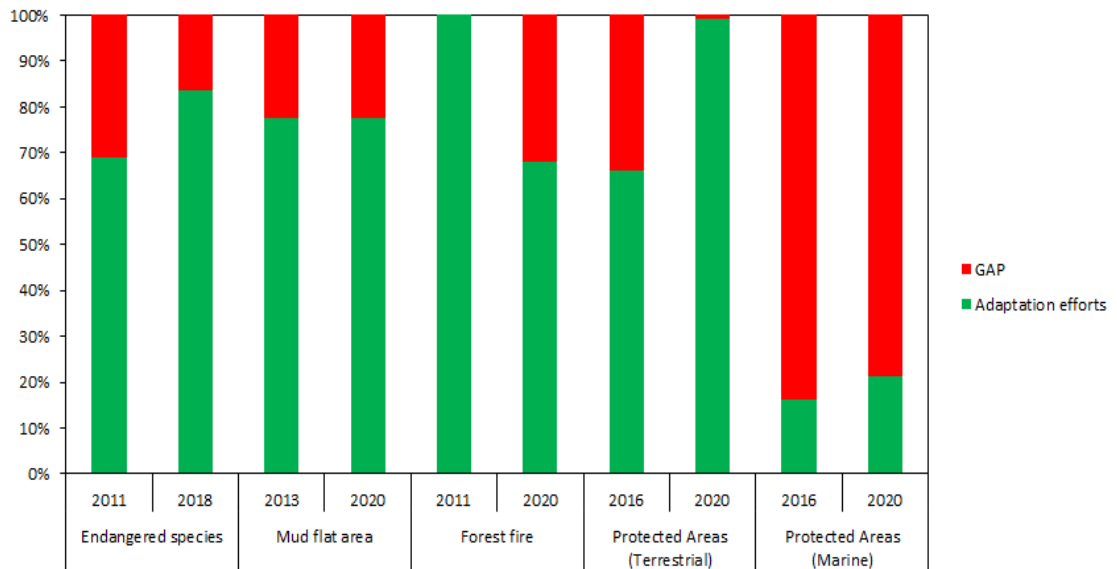


Fig. 2. Adaptation Gap by Indexes

Table 6. National Climate Change Adaptation Action plan related to indexes

Indexes	The First National Climate Change Adaptation Action plan (Ministry of Environment, 2012)							The Second National Climate Change Adaptation Action plan (Ministry of Environment, 2016)						
	Number of Action Plan	Budget (a hundred million won)						Number of Action Plan	Budget (a hundred million won)					
		2011 year	2012 year	2013 year	2014 year	2015 year	sum		2016 year	2017 year	2018 year	2019 year	2020 year	sum
Endangered Species (Invasive Alien Species)	17	99.9	150.6	256.26	514.12	568.55	1589.43	20	910.5	2002.9	2234.7	1836.8	1830.3	8815.2
Mud Flat Areas	2	527	548	641	755	805	3276	5	966.3	1169.5	1026	1026.5	1045	5233.3
Forest Fire	2	497.6	574.7	663.8	684.9	701.1	3122.1	6	56.3	57.5	57.5	53	51	275.3
Protected Areas (Terrestrial / Marine)	2	40.9	65.3	242.3	244.4	250	842.9	6	72.3	95.6	95.8	97.1	93.9	454.7
Sum	23	1165.4	1338.6	1803.36	2198.42	2324.65	8830.43	37	2005.4	3325.5	3414	3013.4	3020.2	14778.5

응목표는 도달하지 못하였지만, 연안습지 추세만 보면 감소하다 유지하는 수준을 보인다. 이는 연안습지 증가보다는 보존 관련 정책이 많기 때문이다. 연안습지 보존과 더불어 증가할 수 있는 정책을 수립한다면 연안습지의 증가와 더불어 적응 목표를 달성할 수 있을 것이다.

산불과 관련된 「제1차 국가 기후변화 적응대책」은 총 2개이며 전체 예산은 3,122.1억이다. 「제2차 국가 기후변화 적응대책」은 총 6개이며 전체 예산은 275.3억이다. 산불 관련 대책은 주로 산불 대응과 같이 산불 피해를 최소화하는 대책에 집중되어있다. 그러나, 산불은 기후변화 영향과 인간의 부주의(담뱃불 등)로 발생하는 경우가 많은 만큼 산불방지대책이 필요하다. 실제로 「제1차 국가 기후변화 적응대책」에 산불방지대책이 수립되어있어 산불 발생 건수가 적은 반면, 그 이후에 점차 큰 폭으로 산불 발생 빈도가 증가하는 것을 확인할 수 있다. 산불 피해를 최소화함과 동시에 산불 예방 대책으로 산불 관련 교육, 대응 방법에 대한 내용이 담겨있는 정책을 수립하여 적응 목표 달성이 필요하다.

보호지역(육상, 해양)과 관련된 「제1차 국가 기후변화 적응대책」은 총 2개이며 전체 예산은 842.9억이다. 「제2차 국가 기후변화 적응대책」은 총 6개이며 전체 예산은 454.7억이다. 보호지역 확대 지정 관련 정책은 보호지역 대책 중 많은 예산을 차지하고 지속적으로 수립되고 있고 생태계 서식지에 대한 관심 증가로 모니터링 및 서식지

복원 정책이 수행되고 있다. 그러나 대부분의 정책이 육상 보호지역에 몰려있어 해양 보호지역에 대한 정책은 부족하다. 국내 해양 보호지역 복원 및 발굴관련 대책의 증가로 적응 목표 달성이 필요하다.

지난 10년간 국가 기후변화 적응대책 변화양상을 보면 멸종위기 종(교란 종) 관련 대책과 예산은 증가하였다. 정책적으로 생태계 변화, 생태계 환경과 같이 단순 생물 종 변화가 아닌 생태서식지 관련 정책과 멸종위기 종(생태계 교란 생물)에 직접적으로 연계되어있는 대책이 증가하였다. 향후 국가 기후변화 적응대책 수립 시 관련 부처와 연계하여 멸종위기 종(생태계 교란 생물)을 직접적으로 컨트롤 할 수 있는 정책을 수립하고 멸종위기 종(생태계 교란 생물)에 대한 데이터 구축 및 지정종수 증가가 필요하다. 연안습지 관련 국가 기후변화 적응대책은 대책과 예산이 함께 증가하였다. 생태계 서식지에 대한 관심이 증가하는 만큼 보존, 훼손연안 정비와 더불어 발굴 등과 같은 정책을 수립하여 생태계 서식지 증가를 이끌어내야 한다. 산불 관련 국가 기후변화 적응대책은 증가하였지만, 예산은 크게 감소하였다. 이는 「제1차 국가 기후변화 적응대책」 예산의 큰 비중을 차지하던 산불방지대책이 「제2차 국가 기후변화 적응대책」에는 수립되지 않아 발생한 것으로 보인다. 향후 국가 기후변화 적응대책 수립 시 산불대응 정책만큼 산불 방지에 대한 대책 수립으로 산불 발생 건수 감소를 이끌어 내야 한다. 보호면적 관련 국가 기후변화 적응대책은 증가

하였지만, 예산은 감소하였다. 그로인해 육상 보호면적의 증가를 이끌 수 있어 적응 목표를 달성할 수 있었다. 그러나 해양 보호면적에 대한 대책 및 예산이 부족하여 다른 지표에 비해 큰 갭을 보인다. 향후 국가 기후변화 적응대책 수립 시 육상 보호면적 뿐만 아니라 해양 보호면적에 대한 정책을 증가하여 해양 보호면적 증가가 필요하다.

5. 결론

국내의 데이터 가용성 평가결과에 따라 기후변화 적응 갭을 분석하여 국가 기후변화 적응대책과 연계하여 고찰해 본 결과 생태계 부문의 지표 중 설정한 적응목표에 도달하지 못한 항목들이 많았고, 기후변화 적응 갭이 클수록 기후변화 적응 갭이 감소한 다른 지표들에 비해 지표 관련 국가 기후변화 적응대책이 차지하는 비율이 낮은 것으로 나타났다. 생태계 부문은 모니터링 위주의 대책이 다수 포함되어 있고 공간적 범위로 이루어져 있기 때문에, 적응 갭이 큰 것으로 나타났으며, 향후 적응목표를 달성할 수 있는 구체적인 직접적인 기후변화 적응대책이 포함될 필요가 있다.

본 연구는 생태계 부문의 국내 통계 데이터 구축현황에 따라 제한적인 기후변화 적응 갭 분석이 수행되었다. 하지만, 국외에서는 생태계 생물종 보존 및 보호지역(서식지) 보호를 위한 플랫폼과 정량적 데이터 구축을 통해 다양한 범위에서의 적응 노력이 진행되고 있다. 또한, 지속적인 기후변화 적응 갭 분석을 통해 적응대책이 나아가야 할 방향에 대해 제언하고 있다. 국내에서도 생태계 부문의 데이터 구축 현황에 대한 실태를 파악하고 생태계 부문의 기후변화로 인한 피해 현황을 알 수 있는 다양한 형태의 데이터와 통합 플랫폼이 구축 되어야 한다. 향후 국가 기후변화 적응대책 수립 시 생태계 부문의 기후변화로 인한 피해를 명확하게 파악하고 공간적, 시간적 데이터를 구축하여 기후변화 적응 갭 분석을 보다 다양한 범위에서 수행할 수 있고 지역단위에서도 기후변화 적응 갭 분석이 가능한 제도나 DB 등 기반 조성 및 관련된 연구도 함께 수행되어 기후변화 적응과 연계시킬 수 있는 방안을 마련해야 한다.

사사

본 논문은 한국환경연구원의 2021년도 기본과제(RE2021-22-05)와 과학기술정보통신부의 지원을 받은 한국연구재단(NRF) International R&D (NRF2019K1A3A1A7811297311)의 연구결과를 기초로 작성되었습니다.

References

- CBD (Convention on Biological Diversity), <https://www.cbd.int/sp/targets/>
- Chen C, Doherty M, Coffee J, Wong T, Hellmann J. 2016. Measuring the adaptation gap: A framework for evaluating climate hazards and opportunities in urban areas. *Environmental Science & Policy* 66: 403-419
- Cho K.W, Lee H.M, Park J.H, Seo J.S, Park S.Y. 2016. Study on Quantifying Risk of the Effects of Climate Change III: Focusing on Korean Coastal System., 2016(0): 1-278.
- Information of Korea Alien Species. <https://kias.nie.re.kr/home/cms/eco010011.do>
- IPCC. 2014. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature). <https://www.iucnredlist.org/>
- Jang H, Song Y.I, Kim Y.J, Kim M.R, Park J.H, Park S.M. 2020. Climate Change Adaptation Policy, 10 years: Tracking Adaptation and Suggesting the Way Forward, Study on Climate and Environmental Policy 2020(0): 1-144, KEI.
- KDPA (KOREA Database on Protected Areas). www.kdpa.kr
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). <https://kosis.kr/index/index.do>
- Korea Forest Service. 2020. Comprehensive Measures for Forest Fire Prevention.
- Ministry of Environment. 2012. National Climate Change Adaptation Action Plan (2011 ~ 2015).
- Ministry of Environment. 2016. The Second National Climate Change Adaptation Action Plan (2016 ~ 2020).
- Ministry of Environment. 2020. Korean Climate Change Assessment Report 2020: Climate Change Impact and Adaptation.
- The World Bank. <https://data.worldbank.org/>
- US Forest Service. <https://www.fs.usda.gov/managing-land/fire>
- UNEP. 2014. The Adaptation Gap Report - A Preliminary Assessment.
- UNEP. 2017. The Adaptation Gap Report - Towards Global Assessment.

- UNEP. 2018. The Adaptation Gap Report - Health Report.
- Ye B, Jiang J, Liu J, Zheng Y, Zhou N. 2021. Research on quantitative assessment of climate change risk at an urban scale: Review of recent progress and outlook of future direction. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 135: 110415.