

네트워크 분석기반 주요 기후변화 영향 영역 식별 및 적응 관련 법령 분석¹⁾

김은아

국회미래연구원 혁신성장그룹장, 연구위원

Identification of Major Climate Change Impact Areas Based on a Network Analysis and Review of the Corresponding Laws for Adaptation

Kim, Eun-Ah

Director of Innovative Growth Group, Research Fellow, National Assembly Futures Institute, Seoul, Korea

ABSTRACT

Climate change affects numerous aspects of our lives and threatens human society in diverse pathways. Climate crisis comprises both direct impacts in nature such as extreme weather, natural disaster, and sea-level rise and indirect impacts of the cascading events such as health problems, food shortage, and degradation of the human settlement. In order to effectively minimize series of damage from these interlinked climate impacts, we need to intervene at the starting point of climate change impact chains or the center of an impact network. This study investigated the impact chains of climate change based on the text analysis of IPCC assessment reports 1~6 and identified the five major climate impact areas of water resource management, coastal ecosystem integrity, protecting health from climate impacts, natural disaster response, and food supply. These five areas are of top priority policy in climate change adaptation, and we analyzed the fidelity of the corresponding laws with regard to mitigating vulnerability. The current climate change framework acts address the priority areas and the individual laws of various subject areas are supposed to supplement the framework acts. However, review of the individual laws in the priority areas suggest lack of proper reflection of climate vulnerability analysis results and the need for amendments to better mitigate future vulnerability.

Key words: Climate Change, Network Analysis, Adaptation, Impact Chain, Vulnerability

1. 서론

기후변화는 전 지구적으로 평균 기온이 산업화 이전 대비 급상승하면서 발생하는 ‘기후의 변화’로 이는 기후 및 자연환경의 변화뿐만 아니라 인간의 삶의 다양한 영역에 장기적으로 직간접적으로 영향(ROK, 2020)을 주는 메가트렌드이다. 예를 들어 기후변화에 의하여 기상재난의 빈도와 강도가 강해짐(Park et al., 2014)에 따라 하천시설 및 교통시설과 같은 인프라가 파괴되거나 생산시설이 손상·파괴되는 사례가 늘어나고 이에 따른 유통 마비 또는 시설보수 비용 증가는 생산원가 상승 및 일자리·소득 감

소로 이어지는 등 파급효과를 산정하기 어렵다(ME, 2020). 따라서 넓은 범위의 피해를 초래하기 전 기후변화가 애초에 발생하지 않도록 원천적으로 기후변화를 방지할 수 있다면 효과 측면에서 최적의 선택이 될 수 있다. 그러나 기후변화는 개별 국가 관점에서 바라봤을 때 국가 전략으로 해결하기 어려운 외생적인 환경요소에 가까우며, 지금까지 대기 중에 배출된 이산화탄소는 향후 수십 년간 대기권에 머물면서 인간의 삶에 영향을 줄 수밖에 없다(IPCC, 2014). 따라서 피하기 어려운 기후변화 영향으로부터의 피해를 최소화할 수 있도록 개별 국가 또는 지역은 변화하는 환경에의 적응력을 높이기 위한 대비가

†Corresponding author : eakim@nafi.re.kr (Rm 222, Members' Office Building, 1 Uisadang-daero, Yeongdeungpo-gu, Seoul 07233, Korea. Tel. +82-2-2224-9810) ORCID 김은아 0000-0001-6585-7222

1) 본 논문은 “기후변화 5대 영향 영역과 적응입법 아젠더”(김은아, 2022) 보고서의 내용을 학술논문 형태로 발전시켜 작성함.

Received: July 13, 2022 / Revised: September 2, 2022 1st, October 4, 2022 2nd / Accepted: October 28, 2022

충분한지에 대하여 현 수준을 진단할 필요가 있으며, 진단 결과에 기반하여 적응전략을 마련할 필요가 있다.

‘기후변화 적응’이란 기후변화에 관한 유엔 기본 협약 (UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change)의 정의에 따르면 “현재 또는 앞으로 예측되는 기후 자극이나 그 영향에 대한 자연 및 인간 시스템의 적응”(Masson-Delmotte et al., 2018)을 의미한다. 이는 기후변화의 영향, 특히 피해를 완화하거나 반대로 이익이 될 기회를 탐색하는 모든 행동을 포함한다. 국제적으로 기후변화 적응의 필요성에 대한 논의는 1992년 UNFCCC에서 당사국에 기후변화 영향에 대비한 적응에 필요한 조치를 하도록 요구한 것에서 본격적으로 시작된 것으로 본다 (Yeo et al., 2019). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)의 working group 2는 1992년부터 기후변화 영향 및 취약성에 대한 평가보고서를 주기적으로 발간하고 있으며 인간의 적응대책이 필요한 기후변화 영향에 대한 연구 결과를 집대성한다. 2021년 COP 26 (UNFCCC, 2022)부터는 기후변화 적응 노력에 대한 우선순위가 완화 노력에 뒤지지 않는 정책영역으로 주목받았다. 국내에서도 ‘기후위기’라는 용어가 등장할 만큼 기후변화 영향과 잠재적 위험도에 대한 인식이 과거에 비해 높아짐에 따라 ‘기후변화 적응정책’의 중요성이 커지고 있다.

국내에서 기후변화 적응정책(ROK, 2020)은 주로 자연재난과 환경오염, 생태계 변화 등에 의한 피해를 예방하는 내용으로 구성되어있으며, 기후변화의 영향에 대한 인식이 없었을 때도 관련 정책이 존재하였다. 다만 다양한 정책영역에서 기후변화의 영역을 고려하고 적응이 필요한 부분에 대하여 제도적인 기반이 만들어지기 위해서는 해당 정책영역에서 기후변화가 주류화되어야 한다(Song et al., 2019). 다시 말해 기후변화 적응전략은 인간의 삶과 맞닿아있는 국토 및 도시개발, 에너지, 교통, 보건 등 다양한 영역에서 존재하므로(Kim et al., 2020b) 미래 정책수립 시 중요한 정책환경 변화로 널리 고려되어야 하나 여전히 기후변화는 다수의 부처에서 중요한 정책영역으로 통합되지 못하고 있다(Kim et al., 2020a).

기후변화의 영향은 도미노 현상과 같이 자연환경에 미치는 일차적인 영향이 인간이 거주하고 있는 물리적 환경에 이차적으로 변화를 주고, 이것이 인간의 건강 또는 산업 활동에 영향을 주며, 더 나아가 간접적으로 삶의 방식 변화 내지는 사회적 갈등을 유발하는 요인이 되기도 한다 (Park et al., 2014). 이러한 기후변화 영향 간의 연결고리를 연결하면 직간접적으로 상호관계를 맺는 자연적·사회

적 현상을 직관적으로 이해하는 데에 도움이 될 수 있을 것이다. 이러한 취지에서 본 연구는 기후변화 영향에 대해 기술한 텍스트를 이용하여 네트워크 분석을 함으로써 기후변화 영향의 구조를 입체적으로 분석하고자 하였고, 지금까지 발간된 6권의 IPCC 평가보고서를 분석에 활용하였다. 네트워크상에서 중심성이 높은 기후변화 영향에 대한 정책적 대응이 충분하지 않은 경우 이와 연결된 간접 영향이 증폭되는 결과를 얻을 수 있으므로 우선 이렇게 파급력이 높은 기후변화 영향을 과학적인 분석기법을 활용하여 파악하는 것이 중요하다.

위 분석에서 도출된 중심성이 높은 기후변화 영향에 중장기적인 안정적 대응에 필요한 제도적인 기반으로 관련 법률이 기본 골격 역할을 한다. 따라서 기후변화 적응에 관한 현행법 분석은 우리나라의 기후변화 적응전략이 중요한 리스크를 대비하는 데에 부족함이 없는지를 확인하는 과정에서 중요하게 다뤄져야 할 부분이다. 우리나라의 기후변화 적응에 관한 법 제도는 관련 행정부 정책에 비하여 매우 미흡한 수준이며(Kim, 2022), 특히 잠재적으로 파급력이 높은 기후변화 영향에 대한 법적인 기반이 충분히 갖추어졌는지를 진단하여 만약 미흡한 점이 있다면 이 부분을 우선 보완할 필요가 있다. 본 연구에서는 기후변화로 인간의 삶에 미치는 영향 간의 관계를 파악하기 위하여 중심성을 기준으로 기후변화 영향의 파급효과 수준을 정량적으로 분석하고, 중심성이 높은 기후변화 영향에 대응하는 현행법에서 기후변화 적응을 위한 내용이 충분히 포함되어있는지를 정성적으로 분석하였다.

2. 이론적 배경

2.1. 기후변화 미래영향 평가

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 워킹그룹 2는 기후변화 영향에 대한 국제적으로 가장 공신력이 높은 평가보고서를 발간한다. 5번째 보고서 (IPCC, 2014)에 담긴 기후변화 리스크 개념은 기후변화에 따른 위험요소(hazards), 위험요소에 노출 빈도(exposure), 그리고 이에 대응하는 사회환경적 취약성(vulnerability)에 영향을 받는 것으로 구조화하였다. 여기서 위험요소는 자연 또는 인간으로 인한 ‘물리적인’ 사건 또는 영향을 의미하며 이로 인하여 인명·재산피해, 인간 또는 생태계 건강 악화 등 다양한 파급효과를 초래할 수 있다. 위험요소는 기후변화 적응정책에 있어서 외부요인으로 받아들여야 하는 부

분이며 그에 따른 기후변화 영향의 정도는 기후변화 적응 정책 우선순위를 결정함에 있어서 필수적인 정보이다.

Cho et al.(2016)은 연안 시스템을 대상으로 기후변화 위험도를 정량화하는 연구를 수행하였으며 여기에서는 ADCIRC 모델, CMS 모델과 같은 연안 환경에 특화된 모델을 사용하였다. 자연과학적 피해분석 방법은 특정 환경 시스템에 영향을 받기 때문에 구체적인 케이스 별로 각기 다른 분석 방법을 적용해야 하는 어려움이 있다. 따라서 다양한 영역에 걸쳐 나타나는 기후변화 영향 및 리스크를 종합적으로 평가하는 분석 틀로서는 적용하기 어려우며 기후변화 영향에 관한 자료를 활용하여 파급효과를 상대 비교하는 분석 방법이 도입될 필요가 있다.

Chae and Jo (2011)의 연구는 기후변화 적응대책의 우선순위를 평가하기 위한 다양한 방법론을 리뷰하고 위험성, 정책성, 효율성을 기준으로 평가하는 방법론을 소개하였는데, 여기서 말하는 ‘기후변화 위험성’은 다시 피해 발생 시점(10년 내, 50년 후, 100년 후), 발생 가능성(물리적, 경제적 피해 발생 가능 확률), 피해 강도(과거 주요 피해에 대한 통계 수치 및 예측치)에 영향을 받는 것으로 체계를 구축하였다. 여기서 정립한 체계를 기후변화 위험성 평가에 적용하기 위해서는 기후변화 발생 시점, 가능성, 강도 등의 변수에 해당하는 데이터를 구축하는 작업이 필요하며, 이는 이미 존재하는 다양한 통계 데이터를 사용하여 구현할 수 있으나 아직 공식적으로 채택된 방법론이 존재하지는 않는다.

상기 선행연구는 기후변화에 의한 영향을 개별 사건으로 인식하고 각각의 영향 또는 리스크를 분석한 반면 독일의 기후변화 취약성 평가 방법론(Fritzsche et al., 2014)에서 영향 사슬(impact chain)은 그와는 차별되게 기후변화의 영향을 일차적인 영향과 그것의 영향을 순차적으로 받는 복수 개의 간접 영향으로 구분하였다. 본 연구에서는 그러한 연쇄반응에 착안하여 기후변화 영향 전체에 대한 네트워크를 구성하여, 이것을 기후변화 영향 대응의 우선순위를 선정하는 데 기초자료로 활용하였다. 이러한 분석의 틀은 복수의 기후변화 영향 간의 관계를 분석한 Kang and Park (2018)의 연구에서 보여준 개념과 유사하다. 여기서는 신문 기사를 대상으로 한 텍스트 분석을 수행하였고 기후변화 위험요소 간의 네트워크를 분석하여 다른 리스크와의 연관성이 높은 주요 요소를 도출하였다.

2.2. 텍스트 마이닝 기법을 이용한 리스크 평가

Kang et al.(2016)의 연구에서는 우리나라 기후변화 리

스크를 통합적인 틀에서 정량적으로 분석한 연구에서 텍스트를 활용하여 기후변화 영향과 관련한 신문 기사에서 리스크 빈도 및 그에 대응하는 피해액을 분석하였는데 이러한 텍스트 분석기법은 빅데이터에 기반한 정량적인 평가 방법으로서, 리스크 빈도 및 피해액에 해당하는 정형화된 통계 데이터가 부재한 경우 활용가치가 큰 방법으로 볼 수 있다.

텍스트 분석기법에서 키워드 네트워크 분석 방법은 키워드 간의 연결성과 중심성 등 빈도분석으로 드러나지 않은 키워드 간의 관계를 드러내는 방법론이며, 특히 중심성 분석은(Kim et al, 2020c; Lee et al., 2015; Jhang and Lee, 2016) 특정 주제와 관련한 연구 동향의 변화를 분석하는 데 있어서 핵심적 역할을 하는 키워드를 추출하는 방법으로 활용된 바 있다. 이외에 Chun and Leem (2014)의 연구에서는 소셜네트워크 안에서 노드의 중심성 값을 통하여 영향력이 큰 노드를 알아보는 데 활용하였다. Yang and Han (2019)은 키워드가 아닌 토픽 간의 네트워크를 구축하여 토픽의 연결중심성을 분석한 연구로 주요 키워드를 매개로 토픽 간의 연결성을 살펴보았다.

본 연구에서는 기후변화 미래영향을 정량적으로 분석하기 위하여 Kang and Park (2018)의 텍스트 분석기법과 유사한 방법을 사용하였다. 이 방법은 기존 연구 결과는 과거에 발생한 이벤트에 대한 데이터에 기반하여 과학적인 결과를 도출하기 때문에 과거에 한 번도 발생하지 않았던 이벤트가 기후변화 영향에 포함하기는 어렵다는 점에서 한계를 가지나 이는 무수한 기존 연구 결과를 집대성한 결과를 활용한다는 점에서 전 세계적으로 발생하는 기후변화 영향에 대한 정보로서 대표성을 가질 수 있으므로 잠재적으로 파급력이 큰 기후변화 영향 영역을 알아보는 본 연구의 목적을 달성하는 데에 적합한 방법이라고 보았다.

2.3. 기후변화 영향 대응을 위한 제도적 기반

기후변화 적응에 관한 제도적 기반은 법률적 기반, 국가 중장기계획, 행정 거버넌스를 비롯하여 정책을 집행하는 데에 있어서 필요한 자원, 기금, 추진 주체와 시민의 역량 등 다양한 요소를 포함한다. 제도적 기반 전반에 관한 비교분석 연구는 정책 입안과 집행의 주체, 거버넌스 등의 이슈를 주로 다루었다. 일례로 Biesbroek et al.(2018)의 연구에서는 소득 기준 상위 32개 국가를 대상으로 국가 정부의 특성에 따라 적응정책이 집행되는 거버넌스에 어떠한 역할을 주는지에 대한 7개의 가설을 검증하였다.

정부의 특성이 적응정책 전반에 미치는 영향을 분석하였는데, 행정부의 구조적 특징 중 권력의 분산도, 수평적 조정(horizontal coordination) 등에 특히 영향을 많이 받는 것으로 나타났다. 또한, 적응정책에서 지방정부의 역할에 대한 연구(Mees, 2017) 결과 기후변화 취약성에 대응하는 상향식(bottom-up)의 접근에서 지역의 특성이 효과성에 영향을 주는 것으로 나타났다.

적응정책의 법률적 기반에 관한 연구로 해당 영역 전반에 관한 원칙(McDonald et al., 2019; McDonald and McCormack, 2021)과 미국 법령을 대상으로 개정 원칙을 다룬 것(Craig, 2010; Craig et al., 2017)이 있다. 그리고 홍수 예방(Mehryar and Surminski, 2021), 수자원(Clarvis et al., 2014), 어업(Engler, 2020), 산림(Gencay et al., 2019) 등과 같이 다양한 개별 적응영역에 관한 법률을 다룬 연구 결과들도 존재한다. 본 연구에서는 기후변화 적응 관련 법령 전체의 구조 및 거버넌스와 같은 제도적 틀보다는 정책영역 및 내용을 중심으로 분석하였다. 여기서는 기후변화 영향 영역을 분석 단위로 하였으며, 해당 영역에 관한 현행법의 내용을 대상으로 기후변화 대응을 위한 제도적인 기반을 정성적으로 평가하였다.

3. 분석 방법

3.1. 기후변화 미래영향 키워드 네트워크 분석

본 절은 기후변화로 인한 영향 중에 이후 중요한 연쇄 반응의 시초가 되는 파급효과가 큰 영향 영역을 분석하는 방법을 다룬다. 기후변화의 영향은 나비효과와 같이 끝도 없이 퍼져나갈 수 있으므로 간접적인 영향을 모두 포함하다 보면 사회 정책 전부를 포함할 수 있다. 이렇게 방대한 기후변화 영향 영역을 분석하는 데 활용할 수 있는 자료는 논문, 보고서, 기사 등 다양하나 발행 지역, 독자, 주기 등에 따라 전체 기후변화 영향의 상대적 중요성 및 연계성을 정량화하기에 어려운 문제점을 가지고 있다. 이러한 한계점은 전문가 리뷰 등의 과정을 거쳐서 보완될 수 있는데, 본 연구에서는 이러한 분석 방법의 어려움을 우회하기 위하여 기후변화 영향에 대한 방대한 자료를 다수의 기후환경 전문가들이 검토하여 발행되는 IPCC AR(워킹그룹 2에 해당하는 내용)을 분석 대상으로 설정함으로써 대표성과 신뢰성을 확보하고자 하였다. IPCC AR은 전 세계 기후변화 학자들이 각 분야의 연구 결과를 종합하여 주기적으로 발간하는 보고서로, 방대한 1차 자료에 기반

하여 작성된다. IPCC AR 1-6에서 기후변화 영향에 대한 정보를 효과적으로 처리하기 위하여 본 연구에서는 텍스트마이닝(textmining) 방법을 분석에 사용하였다. 텍스트 분석에는 R 프로그램(버전 4.1.2)을 사용하였으며 중심성 분석에는 tidygraph 패키지를 이용하였다. 분석 결과 도출된 키워드 네트워크에서 출현 빈도, 연결된 단어 수, 중심성을 기준으로 주요 키워드를 탐색하였다.

본 연구에서는 기후변화의 영향에 관한 텍스트를 분석한 결과 출현 빈도 및 연관 키워드의 다양성이 클수록, 그리고 중심성이 높은 키워드일수록 사회 파급효과가 클 가능성이 높을 것이라는 가정하였다(Yan and Ding, 2009). 서로 연관성이 높은 기후변화영향의 키워드들은 근접하여 위치할 가능성이 크기 때문에 본 연구에서는 단단어(n-gram) 구문에서 동시에 출현하는 단어 간의 네트워크를 분석하였고, 단단어 구문의 길이(단어 개수)인 n 값으로 2-10을 테스트하였다. $n=2$ 에서는 “greenhouse gas”와 같이 두 단어로 이루어진 구문이 높은 빈도로 출현하였으며, n 값이 커질수록 서로 다른 기후변화 영향 간의 관계성이 잘 드러난 반면, 분석 대상이 되는 단어 묶음의 개수가 줄어드는 상충관계를 보이므로 적정 수준의 분석 단위를 결정할 필요가 있다. 여기서는 $n=7$ 일 때의 단단어 구문분석 결과를 보여주며, 대표적으로 이용되는 중심성 중에서 중요한 키워드와의 연결에 가중치를 두어 노드의 상대적 중요도를 평가할 수 있는 고유벡터 중심성(eigenvector centrality)과 다른 키워드와의 직간접적인 연결 정도 및 근접성을 평가할 수 있는 매개중심성(betweenness centrality)을 주요 지표로 설정하였다. 중심성(i 노드)을 계산하는 방법은 아래 수식에 정리하였다. 고유벡터 중심성은 대상 노드 i 와 직접 연결된 주변 노드 중심성의 평균값(식(1))이며, 매개중심성은 대상 노드 i 와 직간접적으로 연결된 모든 노드 p, q 간의 최단 경로에서 i 가 포함된 경로 수의 비율(식(2))로 해석할 수 있다. 매개중심성 식에서 노드 간의 거리는 다양한 방식(Borgatti and Everett, 1997; Latapy et al., 2008; Newman, 2001)으로 산정 가능하나 본 연구에서는 간접적으로 연결된 노드를 포함하여 그들을 연결하는 최단 경로(geodesic distance)로 정의(Brandes, 2008)하였다.

$$\text{Eigenvector Centrality}(C_E(i)) = \frac{1}{\lambda_i} \sum_{j=1}^N A_{ij} C_E(j) \quad (1)$$

λ_i : i 노드의 eigenvalue,

N : 네트워크에 존재하는 모든 노드의 개수,

A_{ij} : i 노드와 j 노드가 연결된 경우 1, 연결되지 않은 경우 0

$$\text{Betweenness Centrality } C_B(i) = \sum_{p \neq q \neq i} \frac{\sigma_{pq}(i)}{\sigma_{pq}} \quad (2)$$

σ_{pq} : 노드 p와 q 사이에 존재하는 최단 경로 개수
 $\sigma_{pq}(i)$: 노드 p와 q 사이 최단 경로 중 노드 i를 지나가는 경우의 수

3.2. 기후변화 미래영향 토픽분석

키워드 네트워크 분석 방법이 개별 단어를 매개로 하고, 해당 키워드가 위치한 문맥 정보 없이 기후변화 영향과 1:1 매치될 수 없으며, 키워드에 의미를 부여하는 과정에서 자의적인 해석이 개입되는 한계점이 존재하므로 파급효과가 큰 기후변화 영향을 유추하는 목적을 위해서는 제한적으로 사용되어야 한다. 이러한 한계점을 보완하기 위하여 토픽분석 결과 주요 키워드와 연결된 토픽 내용으로부터 키워드가 어떠한 맥락에서 존재하는지를 확인하였다.

토픽분석 방법은 가장 보편적으로 사용되는 Latent Dirichlet Allocation (LDA)를 사용하였으며, R 프로그램 (버전 4.1.2)의 stm 패키지를 이용하였다. 여기서 문서 (document) 단위는 가장 기본적인 토픽 구분 단위인 문단을 적용하였으며 총 2,205개 문서가 분석 대상으로 추출되었다. 응집성(semantic coherence)과 토픽 간의 배타성(exclusivity)을 기준으로 최적 토픽 수를 결정하였다.

상기 분석 방법을 통하여 도출된 기후변화 영향은 전세계에서 발생한 기후변화 영향과 미래에 발생 가능한 영향을 포함하기 때문에 ‘전반적인’ 기후변화 영향의 종류와 그들 간의 복합적인 상관관계(네트워크)를 파악하는 데에 활용할 수 있다. 이후 분석에서는 여기서 도출된 파급력이 큰 리스크 영역에 대응하는 우리나라의 기후변화 적응 관련 법령의 내용을 검토하였다.

3.3. 기후변화 영향 대응을 위한 적응 관련 법령 분석

기후변화 영향에 효과적으로 대응하는 데에 필요한 제도적인 기반은 법, 법정 계획 및 대책, 이행 전략 및 프로그램 등 입법부와 행정부 정책 모두를 포함한다. 여기서 관련 법령이 행정부 정책의 지속적인 추진에 중요한 틀을 제공하기 때문에 관련 법령을 분석하는 작업은 중요한 기후변화 리스크를 대비하는 데에 부족함이 없는지를 확인하는 과정에서 필수적으로 수행해야 할 부분이며 본 연구는 주요 제도적 기반인 기후변화 적응 관련 현행법을 중

심으로 분석하였다.

본 연구에서 ‘기후변화 관련 법령’은 법조문에 ‘기후,’ ‘녹색,’ ‘탄소,’ 또는 ‘그린’이 하나 이상 포함된 법으로 조작적으로 정의하여 기후변화에 관한 법령이 분석 대상에서 최대한 누락되지 않도록 하였다. 이러한 정의를 적용한 결과 총 346개(KLIC, 2021)²⁾의 법령이 ‘기후변화 관련 법령’으로 도출되었으며, 본 연구가 대상으로 하는 주요 기후변화 적응 관련 법령을 정제하기 위하여 검색 키워드가 포함된 조문 전체를 검토하였다. 검토 결과 기후변화 관련 법령 346개는 자연재난과 환경오염, 생태계 변화 등에 의한 피해에 대한 내용을 비롯하여 인간의 삶과 맞닿아있는 국토 및 도시개발, 에너지, 교통, 보건 등 다양한 영역에 산재되어있음을 확인할 수 있었다.

IPCC AR5 (IPCC, 2014)에서 정립한 리스크 개념도에 따르면 기후변화 리스크 대응이란 ‘위험요소(hazard)가 존재함에도 실질적 피해가 최소화되도록 하는 것’이라고 개념적으로 정의를 내릴 수 있다. 기후변화 적응정책의 성과는 기후변화로 인한 악영향이 실제로 발생하지 않았을 때 일어나기 때문에, 즉, 일어나지 않은 일이 일어났을 때 (가정) 대비 현 상황에 대한 평가에 기반하므로 해당 정책 및 제도적 기반이 충분한지를 판단하기 위한 실증 데이터를 제시하기가 어렵다. 따라서 기후변화 적응정책 평가는 기후변화 영향에 대한 예측에 기반할 수밖에 없으며, 그 예측의 근거는 아이러니하게도 과거에 발행된 자료의 분석 결과, 다시 말해 과거의 연관된 사건들의 기록을 통하여 얻을 수 있다.

앞서 분석한 미래영향 네트워크 분석과 토픽분석은 위에서 언급한 ‘기후변화 영향에 대한 예측’ 목적으로 활용하였고 분석 결과로 얻은 정량적 데이터는 절대적인 리스크로 환산되지 않고 기후변화 영향 간의 상대적인 위계 또는 상관관계를 유추하기 위하여 간접 증거로 활용하였다.

국내 현행법에서 기후변화 적응에 관한 법령을 분석하기 위하여 우선, 기후변화 영향에 관한 텍스트 분석 결과 도출된 기후변화 적응정책 우선순위가 높은 영향 영역에 대응하는 현행법 및 관련 조문이 존재하는지를 분석하였다. 이후에는 해당 영역의 내용이 기후변화 적응력을 높이는 데에 효과적이지를 기준으로 현행법 내용을 분석하였다. 기후변화 적응력 향상 효과성에 대한 내용은 크게 두 단계로 분석하였는데, 첫 번째로 해당 영역의 취약성이 발생하는 원인과 향후 취약성 및 노출 정도가 어떻게

2) 국가법령정보센터에서 조문 내용을 대상으로 검색함(<https://www.law.go.kr/>, 검색일: 2021.10.28.).

변화할지에 대한 전망을 한국 기후변화 평가보고서(ME, 2020)를 통하여 분석하였다. 본 보고서는 IPCC AR만큼의 방대한 정보를 담고 있지는 않으나 최근 6년간 발간된 논문과 보고서 881편을 42명의 전문가가 분석하여 정리한 공신력 있는 정부 보고서로 국내 기후변화 영향 및 전망, 취약성 원인을 종합적으로 파악하는 데에 부족하지 않은 정보를 포함하고 있다. 두 번째로, 취약성을 줄이기 위하여 기후변화 영향에 노출을 줄이거나, 적응력(capacity)을 강화하거나, 민감도(sensitivity)를 낮추는 등의 취약성 저감 전략과 연결될 수 있는 법조문이 존재하는지 여부를 분석하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1. 기후변화 미래영향 키워드 네트워크 분석

IPCC 평가보고서 1~6권에서 기후변화 영향에 해당하는 내용을 발췌하여 (1) 키워드 네트워크 분석, (2) 토픽분석 두 가지의 텍스트 분석을 수행하였다. 키워드 네트워크 분석에서는 서로 연관성이 높은 기후변화영향의 대표 키워드들은 문헌에서 근접하여 출현할 가능성이 크다는 점을 활용하여 일정 길이의 분석 단위(n개의 연속 단어)에서 동시 출현하는 단어 간의 네트워크를 구축하여 분석하였다. 일정 개수의 연속 단어로 구성된 분석 대상을 추출하기 위하여 다단어 구문(n-gram) 분석법을 사용하였으며, n 값으로 2~10을 테스트하였다. n=2에 근접할수록 'greenhouse gas,' 'water resource management,'와 같이 두세 단어로 이루어진 구문을 중심으로 분석되었으며 n 값이 커질수록 서로 다른 기후변화 영향 간의 관계성이 잘 드러났다. 그러나 n 값이 커질수록 분석 대상이 되는 단어 묶음의 개수가 줄어드는 경향이 있어 분석 목적에 맞추어 적정선에서 n 값을 결정할 필요가 있다. 본 연구에서는 두 번 이상 출현한 다단어 구문을 대상으로 분석을 하였으며, n 값의 변화에 따른 분석 대상 구문의 개수와 핵심 키워드 간의 연결 내용을 같이 검토하여 가장 최적의 결과가 나오는 구문 길이로 n=7을 선택하였다. 아래 표는 7개의 연속 단어 구문 중 2번 이상 등장한 것을 대상으로 네트워크 분석을 한 결과 출현 빈도와 연결된 단어가 많은 키워드를 보여준다.

Table 1. Top 20 frequent words and those connected to the most number of different neighboring words

Index	The most frequently appearing words	The most connected words
1	water	water
2	management	management
3	resource	resource
4	health	health
5	coastal	storm
6	flood	coastal
7	building	flood
8	plan	social
9	storm	infrastructure
10	conservation	technology
11	ecology	ecology
12	practice	food
13	program	crop
14	social	plan
15	service	conservation
16	infrastructure	building
17	technology	urban
18	structure	land
19	food	service
20	urban	soil

Table 1은 다단어 구문 분석 결과 얻은 주요 단어의 출현 빈도, 동시 출현 단어를 보여주며, Table 2는 다단어 구문에 포함된 동시 출현 단어 간의 네트워크에서 고유벡터 중심성, 매개 중심성이 높은 단어들을 보여준다³⁾. 이 결과는 기후변화 적응영역과 직접 연결하기 어려운 범용단어(예: management, plan, practice, program 등)를 포함하며, 이런 단어들을 제외하고 상위 20위에 속해있는 주요 키워드를 대상으로 그들과 연결될 수 있는 기후변화 영향을 탐색하였다. 기후변화 영향 관련 텍스트에서 출현 빈도가 높고 연결된 단어 종류가 다양한, 즉 영향 관계가 많이 형성될 가능성이 큰 적응영역과 관련된 키워드는 물, 자원, 건강, 바다-해양, 홍수 등 자연재난, 건물-인프라, 생태계, 기술, 식량-농업 등으로 좁혀졌다.

한편, 기후변화 영향에 관한 텍스트 분석 결과 구축된 네트워크는 기후변화 영향 영역의 간접적인 파급효과를 유추할 수 있는 근거로 활용할 수 있는데, 여기서 연결 관계가 인과관계를 보여주지 않기 때문에 특정 단어와 연결된 모든 노드가 서로 직접적인 영향을 주는 관계라고 볼 수는 없으나 상호작용을 하는 그룹을 보여준다고 말할 수 있으며, 연결된 정도가 그 영역의 파급효과를 유추하는 데에 활용될 수 있다. Table 2는 키워드 네트워크에서의 중심성을 정리하였는데,

3) Table 1과 2에서 텍스트 분석과정에서 어간 추출(stemming)된 단어는 원래 형태로 복원하여 기재하였다.

Table 1에서 상위 20위에 포함되어있는 단어들이 순서의 변화는 있으나 기술을 제외한 대다수의 경우 고유벡터 중심성과 매개중심성 기준 중심성이 높은 단어에서도 확인할 수 있었다. 다시 말해 출현 빈도수가 높고, 연결성이 높으면서 고유벡터중심성과 매개중심성이 동시에 높은 단어는 각 분석 결과 상위 20위 안에 집중적으로 분포되어 있으며, 이러한 이유로 Table 1과 2에 상위 20개 단어를 정리하여 제시하였다. 중심성이 높은 노드의 경우 네트워크상의 다른 노드들과 직간접적으로 연결된 경로를 다수 존재하는데, 예를 들어 물의 경우 총 124개의 노드와 직접적으로 연결되어있으며, 연결 빈도가 높으면서 기후변화 영향과 관계성이 떨어지는 노드를 제외하여 추출하면 storage, coastal, health, drainage, municipal, assimilation, purification, waste, ecology, flood, infrastructure, irrigation 등 다양한 기후변화 영향과 직간접적으로 연결될 수 있는 키워드를 확인할 수 있다. 이를 통하여 수자원 관리가 음용수 확보뿐만 아니라 건강·보건, 생태계, 재난, 농업·식량 등 인간의 삶에 필수적인 요소와 연결되어있을 가능성을 유추할 수 있다. Table 1과 2를 종합해서 모든 기준에서 상위 20위에 속한 단어 중에 기후변화 적응영역과 매칭될 수 있는 주요 단어는 water, resource, health, coastal, ecology, flood, infrastructure, food로 도출되었다.

Table 2. The top 20 eigenvalue and betweenness centrality words

Index	Word	Eigenvalue centrality	Word	Betweenness centrality
1	water	1	water	20,860
2	management	0.624955	drought	10,241
3	resource	0.605115	health	8,054
4	health	0.449399	storm	6,454
5	coastal	0.410324	flood	5,423
6	ecology	0.37946	southern	5,292
7	plan	0.373762	management	5,254
8	food	0.342947	coastal	4,921
9	flood	0.341234	resource	4,711
10	conservation	0.337794	river	4,207
11	program	0.326323	private	4,095
12	human	0.315742	disaster	4,085
13	zone	0.307939	temperature	3,596
14	technology	0.295442	food	3,018
15	hazard	0.294418	crop	2,995
16	service	0.293932	ice	2,952
17	building	0.290886	ecology	2,909
18	infrastructure	0.283129	social	2,860
19	agriculture	0.282574	infrastructure	2,788
20	supply	0.276944	urban	2,761

4.2. 기후변화 미래영향 토픽분석 결과

위의 키워드 네트워크 분석에서 얻을 수 없는 문맥적인 정보를 보완하기 위하여 IPCC AR 1~6에서 기후변화 영향, 피해, 취약성 관련 텍스트를 대상으로 토픽 분석을 수행하였다. 응집성(semantic coherence)과 토픽 간의 배타성(exclusivity)을 기준으로 최적 토픽 수를 26개로 결정하였으며 이들 중 위에서 파급력이 클 가능성이 있는 기후변화 적응영역에 해당하는 키워드와 연관된 토픽을 아래 표에 정리하였다. 토픽분석 결과는 단 단어 구문 분석 결과 얻은 1개 단어 단위의 중심성 분석보다 기후변화 영향에 관한 맥락을 파악하는 데에 있어서 좀 더 풍부한 정보를 제공해 줄 수 있다는 이점이 있다. 토픽분석 결과 단 단어 구문 분석 결과에서 명료하게 드러나지 못한 빙하 감소 등에 의한 해양환경 변화 및 해안지역 등의 정주여건 영향이 두드러졌으며, 극한 기상 현상으로 인한 건강 영향 이외에 농업용수 확보 등 식량 공급 안정성에 대한 내용을 확인할 수 있었다. 위의 키워드 네트워크 분석 결과 도출된 주요 단어(water, resource, health, coastal, ecology, flood, infrastructure, food)에 토픽분석 결과 얻은 문맥적인 정보를 더하여 종합적으로 해석을 하면 파급효과가 클 가능성이 높은 기후변화 적응영역을 수자원 관리, 해양환경 보전, 기후보건, 자연재난 대응, 식량 공급으로 구분할 수 있다.

Table 3. The topic names corresponding to the major keywords

Major keywords	Topic
water	water shortage for farming, precipitation in arid area
resource	fishery resources, forest resources, plant resources, water shortage for farming
health	insect/animal mediated infectious disease, public health program, diseases from extreme weather
coastal	glacier melting, fishery resources, marine ecosystem, acidification of ocean
ecology	acidification of ocean, planting conditions
flood	risk management of coastal region, vulnerable areas
infrastructure	settlement condition
food	water shortage for farming, crop yield, labor/productivity loss

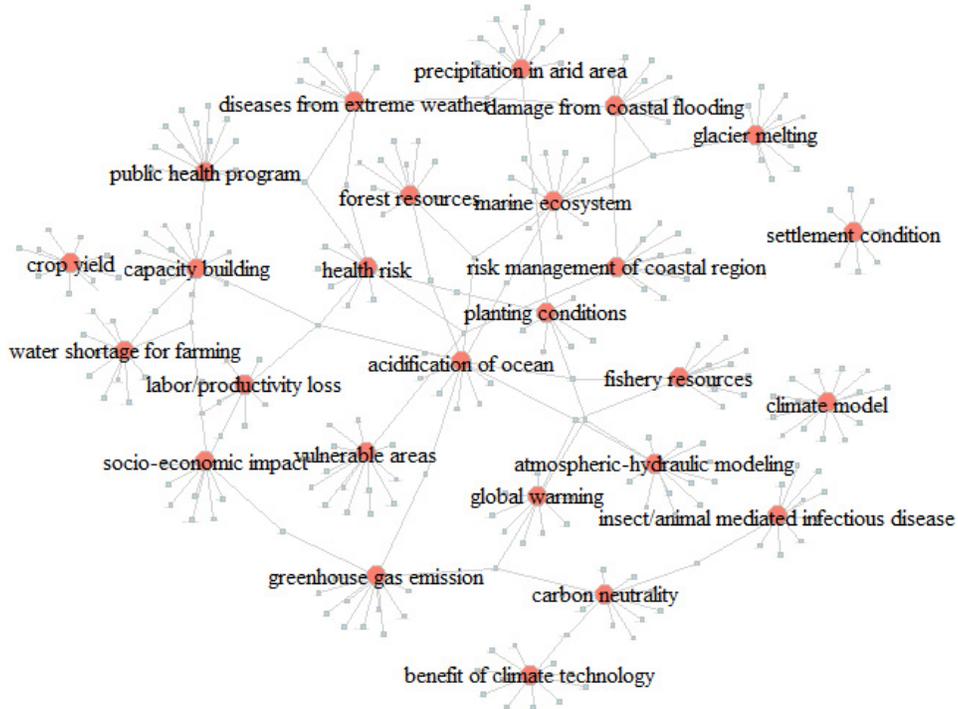


Fig. 1. Topic network based on the major keywords of the corresponding topics (keywords are not labeled to enhance readability of the connections between 26 topics)

4.3. 기후변화 주요 영향 영역 취약성 대응에 필요한 적응 관련 법령 내용 분석

본 절에서는 파급효과가 클 가능성이 높은 기후변화 적응영역으로 도출된 수자원 관리, 해양환경 보전, 기후보건, 자연재난 대응, 식량 공급에 대응하는 제도적 기반으로서 관련 현행법을 분석하였다. 한국 기후변화 평가보고서 2020 (ME, 2020)은 우리나라의 기후변화 영향 영역을 크게 수자원, 생태계, 산림, 농업, 해양 및 수산, 산업 및 에너지, 보건, 인간 정주공간 및 복지로 구분하였는데 위의 분석 결과 도출된 주요 적응영역에 해당하는 영향 영역으로 (1) 수자원, (2) 해양 및 수산, (3) 보건, (4) 인간 정주공간, (5) 농업과 매칭될 수 있다. 동 보고서는 각 영향 영역에 대하여 취약성에 기여하는 주요 원인을 정의하고 그에 관한 취약성을 평가·전망하였는데 취약성 전망 결과에 근거하여 대응이 필요한 부분에 대한 법적 기반이 어떠한지를 정성적으로 분석하였다.

우리나라에서는 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」 제10조에 따르면 탄소중립 녹색성장 기본계

획에 ‘기후변화의 감시·예측·영향·취약성 평가 및 재난방지 등 적응대책에 관한 사항’을 포함해야 하며, 제37조~제46조에 ‘기후위기 적응 시책’에 관한 중앙정부와 지방정부의 이행사항을 기술하였다. 또한, 2022년 7월 시행되는 「지속가능발전 기본법」의 제25조는 “생태·환경 및 기후위기 대응”에 관한 국가와 지방자치단체의 의무를 포괄적으로 규정하였다. 이외에도 기후변화 영향과 연계된 개별법이 존재하며 기후변화와 밀접하게 관련된 두 기본법이 다루지 못하는 구체적인 이행사항에 대하여 기술함으로써 기후변화 적응력 향상을 위한 제도적 기반을 이룬다.

4.3.1. 수자원

기후변화 영향에 관한 키워드 네트워크 분석 결과 수자원 분야에서는 홍수, 농업, 작물, 재난 등의 단어가 중심성이 높았으며 토픽분석 결과 농업용수 부족과 관련한 토픽 (water shortage for farming, precipitation in arid area)이 도출되어 기후변화로 인한 농업용수 관리상의 위험도 증가는 특별히 적응력의 강화가 필요한 영역으로 고려될 필요가 있음을 시사하였다. 수자원 부문 취약성 평가는

Won et al.(2014)의 연구 결과에 기반하고 있으며 주로 기상현상에 해당하는 홍수, 가뭄, 강설과 그의 영향을 받는 물 공급, 지하수로 구분하여 각각의 취약성을 평가할 수 있다. 홍수, 가뭄, 강설은 지역별 편차가 존재하며 미래 확률강우량 증가에 따라 침수 등에 특히 취약한 지역이 증가할 것으로 예상하였다. 또한, 가뭄 빈도와 규모가 증가하는 추세에 기반하여 수자원 부족에 의한 취약성도 높아질 것으로 예상하였으며 특히 노후화된 저수지를 사용하는 농업시설의 취약성이 특히 높을 것으로 보았다. 강설로 인한 재해는 최근 증가추세에 있으며 과거에는 비닐하우스와 같은 시설물 피해 및 관련 취약성이 높았으나 과거에 대설 피해가 없었던 지역에서 극한 기상 현상에 대응하는 적응력 부족으로 취약성이 높아질 수 있다.

극한 기상 현상 및 강수량 편중에 의한 수자원 공급 취약성에 대비하는 대표적인 법률인 「물관리 기본법」은 제 18조에 기후변화로 인한 물관리 취약성을 최소화하고 물관리 방안을 마련하는 내용을 담고 있다. 제27조와 제28조는 각각 국가물관리기본계획과 유역물관리종합계획에서 기후변화에 따른 물관리 취약성 대응방안을 포함하도록 하였다. 이러한 조항은 지역과 유역 단위의 계획 수립을 통하여 수자원에 관한 취약성을 보완할 수 있는 장치가 될 수 있다는 점에서 최소한의 제도적 기반이 마련되어 있다고 볼 수 있다. 그러나 위에서 수자원 부문 취약성 평가결과로 중요하게 다뤄져야 할 부분으로 확인된 농업시설에서의 취약성을 보완하는 내용은 관련 법에서 명시적으로 다루지지 않고 있다는 한계가 있다. 「물관리 기본법」은 농업용수 공급에 관한 내용을 별도의 조문으로 다루지 않고 관련 지역의 역량에 맡기고 있어 물관리 정책에서 농업용수 관리에 관한 기후변화 적응 이슈가 주류를 이루지 못하고 있다고 볼 수 있으며, 취약성 분석 결과 도출된 농업시설의 취약성 증가에 대응하는 내용을 법조문에 명시함으로써 관련 적응력을 높이는 데에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

4.3.2. 해양 및 수산

기후변화 영향에 관한 키워드 네트워크 분석 결과 해양 및 수산 분야에서는 해양환경과 연결될 수 있는 생태, 자원 등의 단어가 중심성이 높았으나 어떠한 맥락으로 연결이 될 수 있는지는 토픽분석 결과를 통하여 유추할 수 있었다. 토픽분석 결과 해양 및 수산 관련 주요 기후변화 영향 영역은 수산자원, 해수면 상승(해빙), 해양 산성화 등과 같이 해양환경 변화에 따른 생태계 파괴 및 자원 손실에

집중되어있음을 확인하였고, 이는 기후변화로 인한 수산 자원의 취약성을 낮추는 정책을 높은 우선순위로 고려할 필요가 있음을 시사한다. 한국 기후변화 평가보고서 2020 (ME, 2020)에서 국내 해양 및 수산 관련 기후변화 취약성은 연근해어업과 양식업으로 구분하여 평가하였다. 연근해어업 취약성은 대표 농도 경로(RCP)별 수온, 염분과 같은 노출 환경변수(NIFS, 2016)와 수산생물의 생물 민감도 (Kim et al., 2016b) 및 어획 비증을 고려하여 기후변화 영향을 정량화하였고, 적응능력에 해당하는 지표(Kim et al., 2016a)를 반영하여 기후변화 취약성을 평가하였다. 평가 결과 기후변화 시나리오별 취약성이 높은 지역에 차이가 있으나 시나리오와 관계없이 근해어업보다 연안어업의 취약성이 높은 것으로 나타났다. 양식업의 취약성 또한 연근해어업에서 사용한 수온, 염분을 노출 지표로 사용하였고, 양식 품종 및 방법에 따른 지역별 민감도 지표를 산정하였고 적응력 지표는 어업인과 지역의 능력으로 구성하여 평가하였다. 평가결과 양식업의 경우 연안어업과는 달리 지역적 편차는 미미하였으나 품종 간 민감도와 어업인의 능력 차이에 따라 취약성의 편차가 크게 발생하였다.

해양 및 수산 관련 국내 기후변화 주요 법령인 「해양환경 보전 및 활용에 관한 법률」에서는 해양환경 종합계획에 기후변화 대응을 위한 사항을 포함하도록 명시하였으며, 해양기후변화 대응을 위한 조사, 영향 예측, 적응 시책 마련 의무에 관한 조항을 포함하고 있다. 또한, 관련 법률인 「해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률」에서는 특히 해양생태계에 관한 기후변화 영향을 해양생태계보전·관리 기본계획에 포함하도록 명시하였다. 취약성 분석 결과 도출된 연안어업의 기후변화 적응력 강화는 위의 두 관련 현행법에서 폭넓게 대응하도록 설정되어있어 위의 수자원 취약성 대응에 관한 법제도 논의에서와 마찬가지로 해양 및 수산 분야 취약성을 보완할 수 있는 최소한의 제도적 기반이 마련되어있다고 볼 수 있다. 그러나 취약성 평가결과 중요하게 다뤄져야 할 부분으로 확인된 연근해어업의 취약성을 보완하는 내용은 관련 법에서 명시적으로 다루지지 않고 있다는 한계가 있다. 한편, 수산자원 손실은 연근해어업에 종사하는 어민의 생계뿐만 아니라 식량안보 차원에서도 중요하게 다뤄질 필요가 있는 정책영역으로, 아래에서 다뤄질 농업 영역과 마찬가지로 식량안보의 맥락에서 기후변화 영향 대응이 강화될 필요가 있으며, 관련 내용을 법조문에 명시함으로써 적응력을 높이는 데에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

4.3.3. 보건

기후변화 영향에 관한 키워드 네트워크 분석 결과 ‘건강’은 출현 빈도수가 높고, 연결성이 높으면서, 고유벡터/매개중심성이 높은 단어로 상위 3~4위에 있어 기후변화 영향에서 중요하게 다뤄져야 할 대분류로 선정되었다. 한편, 토픽분석 결과 기후보건과 연결된 주요 주제영역으로 곤충/동물 매개 감염병, 공중보건 프로그램, 극한기상환경에 의한 질환 등과 같이 기후변화로 인한 일차적 건강영향 뿐만 아니라 간접적 영향 또한 중요하게 다뤄져야 할 부분임을 확인하였다. 인간건강의 취약성을 높이는 기후변화 요인으로 과거에 주로 연구가 되었던 대상은 폭염과 같은 온열질환이며(Lim, 2019), 점차 환경성 질병에 대한 이해가 높아지면서 대기질 변화에 따른 건강 영향에 관한 연구 결과들이 발표되고 있다(Ebi and McGregor, 2008). 또한, 최근 코로나 19를 계기로 곤충·설치류 및 동물 매개 감염병(Lee and Farlow, 2019)과 물·식품 매개 감염병(Rossati, 2017)이 기후변화 영향 맥락에서 해석되고 있다. 더불어 홍수와 같은 기상재해는 사망률로 연결이 되어 기상재해는 보건분야 기후변화 취약성을 구성하는 주요 요소이다(ME, 2020).

보건에 관한 국내 주요 법령은 「보건의료기본법」으로 기후변화 관련한 내용인 기후보건영향평가 수행에 관한 조문을 2017년 추가하였다. 같은 연도에 기후변화 건강영향 대응을 위한 기본계획·시행계획 수립 및 기후변화 건강관리 사업 지원기구 설치·운영 등을 포함하는 내용으로 「기후변화 건강관리 기본법안」이 제안되었으나 회기 만료로 폐기되었다. 한편, 2010년부터 시행된 「감염병의 예방 및 관리에 관한 법률」에서는 국가 및 지방자치단체는 기후변화에 따른 감염병 발생 조사·연구 및 예방대책 수립을 위한 사업을 수행해야 함을 명시하고 있다. 그러나 보건정책 영역에서 기후변화는 여전히 주류에서 벗어나 있으며, 이러한 여건하에서 실효성 있는 기후보건영향평가를 수행하기 위한 전문 인력과 예산 확보가 제도적으로 뒷받침될 필요가 있다. 또한, 코로나 19와 같은 보건재난 상황에서 지역 단위의 대응이 불가피하므로 이러한 고위험 이벤트에 대비하여 보건정책 영역 대응력 향상을 위한 지역의료 체계 및 공공의료체계 개편될 필요가 있다. 또한, 온열 질환에 집중되어있는 현행 건강 취약계층의 범위가 확장 및 세분될 필요가 있으며, 이들 취약계층을 지원하는 데에 있어서 국가와 지역의 의무와 권한을 정의하는 등의 정책이 보완될 필요가 있다.

4.3.4. 인간 정주공간

기후변화 영향에 관한 키워드 네트워크 분석 결과 홍수, 폭풍, 재난 등과 같이 기상재난과 관련한 키워드와 기반시설, 건물, 도시 등과 같은 인간 정주공간의 구성요소 모두 출현 빈도수가 높고, 연결성이 높으면서, 고유벡터/매개중심성이 높은 단어로 포함되었다. 인간 정주공간은 특정 키워드로 대표되기 어려운 영역이나 토픽분석 전체 결과에서 연안 지역의 재난 대비, 정주 여건, 취약지역 등과 같은 주제가 복수의 주요 키워드와 연결되어있음을 확인하였고, 이는 입지 조건에 의해 기상재난 피해가 클 것으로 예상되는 지역의 적응력 강화 정책을 높은 우선순위로 고려할 필요가 있음을 시사한다. 폭염, 폭우, 가뭄과 같은 기상재난은 가장 대표적인 기후변화 영향이며, 기후변화 평가보고서(ME, 2020)에 따르면 기상재난에 따른 재산 피해액은 증가하는 추세에 있다. 도시는 녹지지역에 비해 열섬현상(Jung and Song, 2014)에 의한 취약성이 높으나 해당 취약성은 건물 단열 상태 개선을 통하여 대응할 수 있다. 농촌의 경우 특히 낙후지역의 노후 주택은 자연재해에 취약한데, 최저 주거기준 미달 가구가 농촌이 도시의 약 1.5배로 높으며, 이에 따라 기상재해로 인한 침수 등의 재산상 손실뿐만 아니라 건강 문제 발생으로 이어질 수 있다.

기상재해로 인한 시설물 파괴와 인명피해는 기후변화와는 별개로 국민 안전과 관련한 정책영역으로써 중요하게 다뤄져 왔다. 2004년부터 시행된 「재난및안전관리기본법」과 1996년부터 시행된 「자연재해대책법」(이전의 「풍수해대책법」을 대체함)에서는 태풍, 홍수, 호우, 폭풍, 해일, 폭설, 가뭄과 같이 기후변화로 인한 재난 영역에 해당하는 자연재해를 ‘재난’에 포함하여 대응하도록 정의하였으며, 국가 및 지방자치단체는 이에 대응하는 계획을 세우도록 명시하였다. 또한, 제1차 방재 기본계획(1977~1981)에서부터 풍수해와 가뭄을 포함한 자연재난 대응 정책이 중요하게 다뤄져 왔다.

그러나 「재난 및 안전관리 기본법」은 재난 관리에 대한 내용을 포괄적으로 다루고 있으나 기후변화에 대응에 관한 별도의 조문을 포함하고 있지 않다. 대신 「자연재해대책법」에는 기후변화 대응을 위한 방재기준 가이드라인 설정 정도의 소극적인 내용만 담겨있다. ‘기후위기’ 또는 ‘기후재난’에 따라 재난의 규모는 커지게 마련인데 이런 사고가 현 제도하에서는 사람이 어찌하지 못하는 ‘자연재난’ 영역에 머무르게 됨에 따라 피해 예방 및 보상이 어려

을 수 있다. 특히 취약성이 높은 농촌과 연안 지역의 경우 앞으로 피해 규모가 더 커질 수 있으므로 이에 대한 대응력을 높일 필요가 있는데, 재난 예방과 복구는 지역의 역량에 많이 의존하게 되는 거버넌스 구조로 되어 있어 지역의 역량 강화 및 재정적 지원 등의 보완 정책이 마련될 필요가 있다. 이를 위해서는 취약지역·계층 재정지원의 기준 및 근거를 마련하는 등의 제도적 기반 마련이 선행되어야 하며 지자체는 기후변화 취약성에 관한 정보를 공개하고 기후재난 회복력 증진을 위한 시민역량을 강화할 수 있도록 관련 의무 조항을 재난에 관한 개별법에 반영하는 방안을 고려해볼 수 있다.

4.3.5. 농업

기후변화 영향에 관한 키워드 네트워크 분석 결과 ‘농업’ 또는 ‘작물’은 출현 빈도수가 높고, 연결성이 높으면서, 고유벡터/매개중심성이 상위 20위 안에 자리 잡고 있어 농업을 기후변화 영향에서 중요하게 다뤄져야 할 대분류로 선택하였다. 토픽분석 결과 농업과 연결된 주요 주제 영역은 물, 자원, 생태, 음식과 같은 주요 키워드와 연결되어 등장하였으며, 농업용수 부족, 가뭄, 경작조건, 작물 수확량 등 다양한 기후변화 영향 영역과 연계되어있음을 확인하였다. 국가 지속가능발전목표 수립보고서(CSD, 2019)에서는 식량안보 문제를 국가 지속가능성을 낮추는 취약부문으로 지정하였다. 여기서는 기후변화를 식량안보에 영향을 주는 주요 독립변수로 명시되지는 않았으나 식량안보 문제에 대한 대응이 필요하다는 메시지를 담고 있다. Chung et al.(2019)에 따르면 옥수수 수확량과 관련한 기후 영향 취약성이 높아지고 있으며, 보리의 총생산량 또한 연평균 3.2~6.0%(Kostat, 2019) 감소하고 있다. 기후변화 평가보고서(ME, 2020)에 따르면 기온·강수량 변화와 이상기상 현상에 따른 수확량과 품질에 관한 취약성이 높아지는 식량 작물과 원예작물이 이외에도 다수 존재한다.

농업에 관한 국내 주요 법령은 「농촌진흥법 시행령」과 「농업·농촌 및 식품산업 기본법」으로, 기후변화 취약성 대응에 관한 내용을 포괄적으로 다루고 있다. 「농촌진흥법 시행령」은 2014년 농촌진흥사업의 범위에 농업 분야 기후변화 적응과 영향평가, 기후변화에 대한 취약성 평가에 관한 연구 포함하는 내용의 조항을 신설하였다. 「농업·농촌 및 식품산업 기본법」은 2009년 국가와 지방자치단체는 기후변화를 포함한 농업 재해에 대응하는 시책을 마련하는 내용의 조항을 신설하였으며, 2014년에는 농림축산식품부장관이 기후변화에 따른 농업농촌 영향 및 취약성 평가

(기후영향평가)를 하고 결과를 공표하도록 조항을 신설하였다. 한편 「농업·농촌 및 식품산업 기본법」은 2022년 일부개정을 통하여 식량 자급목표 달성을 중심으로 식량안보에 관한 내용을 보강하였다. 그러나 기후변화 및 무역여건 변화에 따른 수입 식량의 공급 리스크 관리에 대한 내용을 담고 있지 못하며, 이에 관한 내용은 식량 공급에 관한 취약성을 줄이기 위해서 보완되어야 할 부분이다.

5. 결론

본 연구에서 기후변화 영향에 관한 텍스트를 대상으로 키워드와 토픽 네트워크를 분석한 결과 수자원, 건강, 해양환경, 홍수, 기반시설, 식량 등이 출현 빈도수가 높고, 연결성이 높으면서 고유벡터중심성과 매개중심성이 동시에 높은 단어임을 확인할 수 있었다. 같은 텍스트를 대상으로 토픽분석을 한 결과 수자원 관리, 해양환경 보전, 기후보건, 자연재난 대응, 식량 공급이 위의 중심성이 높은 키워드와 연결된 주제영역임을 알 수 있었다. 중심성이 높은 주제영역은 이후 분석에서 기후변화 적응정책에서 높은 우선순위를 가지는 정책영역으로 설정하는 데에 활용되었다.

상기 분석에서 도출된 중심성이 높은 기후변화 영향에 리스크를 대비하는 데에 우리나라가 제도적으로 부족함이 없는지를 확인하기 위하여 현행법을 중심으로 분석하였다. 가장 먼저 우선순위가 높은 기후변화 영역에 관한 현행법과 관련 조문이 존재하는지의 여부를 조사하였는데, 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」과 「지속가능발전 기본법」에서 기후변화 영향 대응에 관한 내용을 포괄적으로 다루고 있고, 기후변화 영향과 연계된 다양한 영역에서의 개별법에서 기후변화 적응을 위한 구체적인 이행사항을 다루고 있음을 확인하였다. 그러나 이후 이루어진 현행법 내용 분석에서 우선순위가 높은 기후변화 영향 영역의 취약성에 기여하는 주요 원인과 그에 관한 취약성을 평가·전망한 결과 미래에 취약성이 높아질 것으로 전망되는 부분에 대한 대비가 수자원 관리, 해양환경 보전, 기후보건, 자연재난 대응, 식량 공급 관련 주요 현행법 모두에서 부족함을 확인하였다.

수자원 관리의 경우 취약성 분석 결과 도출된 농업용수 취약성 증가에 대한 법적 제도의 보완이 필요하며, 해양환경 보전 영역에서는 취약성이 높아질 것으로 예상되는 연안어업의 기후변화 적응력 강화에 대하여 관련 현행법에서 폭넓게 대응하도록 설정되어있으나, 식량안보 차원

에서 해당 정책영역이 강화될 필요가 있다. 보건정책 영역에서 기후변화는 여전히 비주류의 내용으로, 높아지는 취약성에 비해 현행법에 반영되는 정도가 미흡함에 따라 현행법령 전반에 걸쳐 기후보건 내용이 보완될 필요가 있다. 자연재난 대응의 경우 농어촌 지역의 취약성이 높으나 재난 예방과 복구는 지역의 역량에 많이 의존하게 되는 거버넌스 구조로 되어 있어 앞으로 피해 규모가 더 커질 것으로 예측되는 지역의 역량 강화 및 재정적 지원 등의 보완 정책이 마련될 필요가 있다. 마지막으로, 식량 공급 영역에서는 높아지는 식량안보에 관한 취약성에 대응하기 위한 내용을 관련 주요 법령에서 포괄적으로 다루고 있고, 최근 식량 자급목표 달성을 중심으로 식량안보에 관한 내용을 보강하였음에도 여전히 기후변화 및 무역 여건 변화에 따른 수입 식량의 공급 리스크 관리에 대한 내용이 보완될 필요성이 제기되었다.

사사

본 논문은 국회미래연구원 국가미래전략 Insight 43호 “기후변화 5대 영역영역과 적응입법 아젠더”의 내용을 학술논문 형태로 발전시켜 작성함.

References

- Biesbroek R, Lesnikowski A, Ford JD, Berrang-Ford L, Vink M. 2018. Do administrative traditions matter for climate change adaptation policy? A comparative analysis of 32 high-income countries. *Review of Policy Research* 35(6): 881-906.
- Borgatti SP, Everett MG. 1997. Network analysis of 2-mode data. *Social networks* 19(3): 243-269.
- Brandes U. 2008. On variants of shortest-path betweenness centrality and their generic computation. *Social networks* 30(2): 136-145.
- Chae Y, Jo H. 2011. Analysis of Methodologies for Prioritizing Climate Change Adaptation Measures. Korea Environment Institute.
- Cho K, Lee H, Park J, Seo J, Park S. 2016. Study on Quantifying Risk of the Effects of Climate Change III: Focusing on Korean Coastal System. Korea Environment Institute.
- Chun H, Leem B. 2014. Face/non-face channel fit comparison of life insurance company and non-life insurance company using social network analysis. *Journal of the Korean Data And Information Science Society* 25(6): 1207-1219.
- Chung S, Sung S, Zhang Q, Jung J, Oh M, Yun Y, Seong H, Moon S. 2019. Assessment of Productivity and Vulnerability of Climate Impacts of Forage Corn (Kwangpyeongok) Due to Climate Change in Central Korea. *Journal of the Korean Society of Grassland Science* 39(2): 105-113.
- Clarvis MH, Allan A, Hannah DM. 2014. Water, resilience and the law: From general concepts and governance design principles to actionable mechanisms. *Environmental Science & Policy* 43: 98-110.
- CSD [Committee of Sustainable Development]. 2019. A Report on Korean-Sustainable Development Goals (K-SDGs)
- Craig RK. 2010. Stationarity is dead-long live transformation: Five principles for climate change adaptation law *Harv Envtl L Rev.* 34: 9.
- Craig RK, Garmestani AS, Allen CR, Arnold CAT, Birgé H, DeCaro DA, Fremier AK, Gosnell H, Schlager E. 2017. Balancing stability and flexibility in adaptive governance: An analysis of tools available in us environmental law. *Ecology and society: a journal of integrative science for resilience and sustainability* 22(2): 1.
- Ebi K, McGregor G. 2008. Climate change, tropospheric ozone and particulate matter, and health impacts, *Environmental health perspectives* 116(11): 1449-1455.
- Engler C. 2020. Transboundary fisheries, climate change, and the ecosystem approach: Taking stock of the international law and policy seascape.
- Fritzsche K, Schneiderbauer S, Bubeck P, Kienberger S, Buth M, Zebisch M, Kahlenborn W. 2014. The Vulnerability Sourcebook: Concept and guidelines for standardised vulnerability assessments. Bonn: GIZ
- Gençay G, Birben Ü, Aydın A. 2019. To be “a developed country” or not to be? The effect of the paris

- agreement on turkish forest law. Environmental monitoring and assessment 191(4): 1-14.
- IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change]. 2014. Climate change 2014 synthesis report. IPCC: Geneva, Switzerland.
- Jhang S, Lee S. 2016. A Study of Themes and Trends in Research of Global Maritime Economics through Keyword Network Analysis. Journal of Korea Port Economic Association 32(1): 79-95.
- Jung J, Song J. 2014. International Development Cooperation for Urban Response to Climate Change: Issues and Implications. Korea Institute for International Economic Policy.
- Kang Y, Shin J, Park C. 2016. Assessing Climate Change Risk and Adaptation Policy Improvements through Text-mining. Urban Design 17: 69-84.
- Kang Y, Park C-S. 2018. A multi-risk approach to climate change adaptation, based on an analysis of south korean newspaper articles. Sustainability 10(5): 1596.
- Kim BT, Yook KH, Kee HK, Park HJ, Bae KH, Kwon OM. 2016a. Development of methods for assessing impacts and vulnerabilities of climate change in fisheries. National Institute of Fisheries Science, Busan.
- Kim DH, Choi YE, Kim HS, Park HJ. 2016b. Economic analysis of fisheries by climate change. National Institute of Fisheries Science, Busan.
- Kim E. 2022. Five key climate change impact areas and corresponding legislative agenda for adaptation. National Assembly Futures Institute.
- Kim E, Min B, Jung H. 2020a. Meta-assessment of mid-to-long-term government plans on climate change. National Assembly Futures Institute.
- Kim E, Park S, Jung H. 2020b. Exploratory research to enhance preparedness for future climate change impacts. National Assembly Futures Institute.
- Kim J, Yang T, Kim D, Yeo G. 2020c. A Study on the Research Trend Analysis of AEO Certification System through SNA Analysis. Journal of Digital Convergence 18(2): 47-56.
- KLIC [Korean Law Information Center]. 2021. [accessed 2021 Oct 28]. <https://www.law.go.kr>
- Kostat [Statistics Korea]. 2019. Trends in major crop production.
- Latapy M, Magnien C, Del Vecchio N. 2008. Basic notions for the analysis of large two-mode networks. Social networks 30(1): 31-48.
- Lee J, Farlow A. 2019. The threat of climate change to non-dengue-endemic countries: increasing risk of dengue transmission potential using climate and non-climate datasets, BMC Public Health 19(1): 1-7.
- Lee J, Han S, Kwon K. 2015. A study on Korean legal research trend during the last 10 years based on keyword network analysis. Ajou Law Resesarch 8(4): 519-539.
- Lim Y. 2019. The health effects of heat waves. Health and Welfare Policy Forum 269: 7-19.
- Masson-Delmotte V, Zhai P, Pörtner H-O, Roberts D, Skea J, Shukla PR, Pirani A, Moufouma-Okia W, Péan C, Pidcock R. 2018. Global warming of 1.5 c. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of. 1(5).
- McDonald J, McCormack PC. 2021. Rethinking the role of law in adapting to climate change. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change 12(5): e726.
- McDonald J, McCormack PC, Dunlop M, Farrier D, Feehely J, Gilfedder L, Hobday AJ, Reside AE. 2019. Adaptation pathways for conservation law and policy. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change 10(1): e555.
- ME [Ministry of Environment], 2020, Korean Climate Change Assessment Report 2020.
- Mees H. 2017. Local governments in the driving seat? A comparative analysis of public and private responsibilities for adaptation to climate change in european and north-american cities. Journal of Environmental Policy & Planning 19(4): 374-390.
- Mehryar S, Surminski S. 2021. National laws for enhancing flood resilience in the context of climate change: Potential and shortcomings. Climate Policy

- 21(2): 133-151.
- Newman ME. 2001. Scientific collaboration networks. Ii. Shortest paths, weighted networks, and centrality. *Physical review E*. 64(1): 016132.
- NIFS [National Institute of Fisheries Science]. 2016. The impact of climate change on aquatic ecosystem structure and development of prediction method.
- Park C, Song Y, Lee J., Myung S., Cho K, Chae Y, Kim D, Jung H, Ha J, Lee S, Shin J, Lee M, Jung S, Kwon Y, Kim Y, Lee S. 2014. Study for the second national climate change adaptation plan. Korea Environment Institute.
- ROK [The Government of the Republic of Korea]. 2020. The 3rd National Climate Change Adaptation Plan (2021-2025).
- Rossati A. 2017. Global warming and its health impact. *International Journal of Occupational and Environmental Medicine* 8(1): 7-20.
- Song Y, Ha H, Kim S. 2019. Establishing national foundation for climate risk management. Korea Environment Institute.
- UNFCCC [United Nations Framework Convention on Climate Change]. 2022. Glasgow Climate Pact, FCCC/CP/2021/12/Add.1
- Won K, Chung E, Kim Y, Hong, I. 2014. Assessment of Water Resources Vulnerability Index by Nation. *Journal of Korea Water Resource Association* 47(2): 183-194.
- Yan E, Ding Y. 2009. Applying centrality measures to impact analysis: A coauthorship network analysis. *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 60(10): 2107-2118.
- Yang O, Han J. 2019. The Main Topics of Applying Blockchain Technology to the Core Industries in Gangwon Economy : Big Data Machine Learning-based Topic Modeling & Network Analysis. *Journal of CEO and Management Studies* 22(4): 307-334.
- Yeo I, Hong S, Park E. 2019. A Study on Development of Climate Change Adaptation in Ecosystem Sector – Focused on Policy and Research Base in Major Countries. *Journal of Environmental Impact Assessment* 28(1): 1-22.