

해안재해 대응 그린 인프라스트럭처의 국제 연구동향 분석*

송기환¹⁾ · 송지훈¹⁾ · 석영선²⁾ · 김호준³⁾ · 이정아⁴⁾

¹⁾ 고려대학교 오정리질리언스 연구원 교수 · ²⁾ 고려대학교 대학원 환경생태공학과 학생 ·

³⁾ 고려대학교 환경생태공학부 학생 · ⁴⁾ 고려대학교 환경생태공학부 교수

An Analysis of International Research Trends in Green Infrastructure for Coastal Disaster*

Song, Kihwan¹⁾ · Song, Jihoon¹⁾ · Seok, Youngsun²⁾ · Kim, Hojoon³⁾ and Lee, Junga⁴⁾

¹⁾ OJeong Resilience Institute, Korea University, Professor,

²⁾ Department of Environmental Science and Ecological Engineering, Korea University, Student,

³⁾ Division of Environmental Science and Ecological Engineering, Korea University, Student,

⁴⁾ Division of Environmental Science and Ecological Engineering, Korea University, Professor.

ABSTRACT

Disasters in coastal regions are a constant source of damage due to their uncertainty and complexity, leading to the proposal of green infrastructure as a nature-based solution that incorporates the concept of resilience to address the limitations of traditional grey infrastructure. This study analyzed trends in research related to coastal disasters and green infrastructure by conducting a co-occurrence keyword analysis of 2,183 articles collected from the Web of Science (WoS). The analysis resulted in the classification of the literature into four clusters. Cluster 1 is related to coastal disasters and tsunamis, as well as predictive simulation techniques, and includes keywords such as surge, wave, tide, and modeling. Cluster 2 focuses on the social system damage caused by coastal disasters and theoretical concepts, with keywords such as population, community, and green infrastructure elements like habitat, wetland, salt marsh, coral reef, and mangrove. Cluster 3 deals with coastal disaster-related sea level rise and international issues, and includes keywords such as sea level rise (or change), floodplain, and

* 이 논문은 2018년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2018R1D1A1B07050805). 또한 이 논문은 고려대학교 오정리질리언스연구원의 지원을 받아 수행된 연구임.

First author : Song, Kihwan, OJEong Resilience Institute, Korea University, Professor,

Tel: +82-2-3290-4556, E-mail: hyulsamoon@korea.ac.kr

Corresponding author : Lee, Junga, Division of Environmental Science and Ecological Engineering, Korea University, Professor,

Tel: +82-2-3290-3004, E-mail: archjung@korea.ac.kr

Received : 15 December, 2022. **Revised** : 14 February, 2023. **Accepted** : 17 January, 2023

DEM. Finally, cluster 4 covers coastal erosion and vulnerability, and GIS, with the theme of ‘coastal vulnerability and spatial technique’. Keywords related to green infrastructure in cluster 2 have been continuously appearing since 2016, but their focus has been on the function and effect of each element. Based on this analysis, implications for planning and management processes using green infrastructure in response to coastal disasters have been derived. This study can serve as a valuable resource for future research and policy in responding to and managing various disasters in coastal regions.

Key Words : *Coastal disaster planning & management, Nature-based Solution, Resilience*

I. 서 론

해안지역은 바다와 인접한 지리적인 특수성으로 인해 다양한 재해가 지속적으로 발생하며, 인구의 밀도가 높아 사회적, 생태적으로 그 위험과 피해가 더욱 크게 나타난다(Masselink & Lazarus, 2019). 전 세계적으로 약 12억 명의 인구가 해안으로부터 100km 이내에 거주하고 있으며, 해안지역에서 발생하는 다양한 재해들은 인간을 중심으로 한 사회 시스템과 생태 시스템에 복합적인 영향을 미치고 있는 실정이다(Adger et al., 2005). 2000년 이후부터는 매년 약 1천만 명의 인구가 해안에서 발생하는 재해로 인한 피해를 경험하였고(Nicholls, 2007), 이러한 수치는 시간이 지날수록 더욱 증가할 것으로 판단된다. 따라서 해안재해의 불확실성과 피해 규모의 증가로 인해 그에 대응할 수 있는 방안이 지속적으로 요구되고 있는 실정이다.

해안재해에 대응하기 위한 기존의 대응방식은 회색 기반시설, 즉 그레이 인프라스트럭처(Grey infrastructure)로 불리는 인공시설을 설치하는 구조적인 관리 대책과, 해안재해에 대비하고 복구하기 위한 정책적이고 거버넌스 측면에서의 비구조적인 대책으로 구분된다(Micallef & Williams, 2009; Peacock et al., 2011). 그러나 기존의 구조적인 대책에서의 그레이 인프라스트럭처들은 해안재해의 불확실성과 복잡성에 대해 대처하기 어렵고, 과거의 기준으로 설계된 시설의 용량이 점점 초과하게 되는 문제로 나타

났다(Renaud et al., 2013; National Assembly Research Service, 2020). 또한 비구조적인 대책에서는 각 정부부처별로 재해 발생 이후의 복구 측면에서 초점을 두고 다른 대응방안들을 제시하면서 연계성이 부족하게 나타났다(National Assembly Research Service, 2020). 이러한 구조적, 비구조적 대책의 한계를 모두 고려하여 최근에는 회복력의 개념을 해안지역에서 발생하는 재해에 대응한 계획이나 관리에 적용하고자 하는 움직임이 생겨나기 시작하였다(Adger et al., 2005).

회복력의 개념은 어떤 대상지역이나 시스템이 외적으로 발생하는 재해와 같은 교란에 반응하여 이를 흡수하거나 방어, 또는 회복함으로써 그 대상지역의 환경 및 시스템을 유지하는 능력을 의미한다(Holling, 1996; Walker et al., 2004). 이러한 관점에서 해안지역에서 적용하는 회복력의 개념은 재해, 또는 교란에 대한 대비와 방어적인 측면뿐만 아니라 재해가 발생한 이후의 대응과 회복하는 과정에 대해 고려하고 있다(Masselink & Lazarus, 2019). 기존의 공학적인 측면에서의 그레이 인프라스트럭처(방파제, 제방 등)들은 상대적으로 설치가 용이하며 전문 지식을 바탕으로 구조물을 설계할 수 있어서 해안지역에 많이 활용되었다(Chang & Mori, 2021). 그러나 이러한 시설들은 높은 유지비용뿐 아니라, 기존에 설치된 시설의 용량을 초과한 해안지역 재해의 규모로 인해 지속가능성 측면에서 한계가 나타났다. 따라서 기존의 그레이

인프라스트럭처의 한계를 보완하고자, 해안재해 발생에 대한 대비, 방어, 대응, 회복 과정을 고려한 회복력 개념을 적용하기 위해, 녹색 기반시설인 그린 인프라스트럭처가 자연 기반 해법으로 다양하게 제시되고 있다.

해안지역 내의 그린 인프라스트럭처는 해안 식물과 산호초, 습지, 사구, 모래 해변 등 다양한 규모의 요소들을 모두 포함하고 있으며, 해안 생태계를 활용하여 해안지역을 보호하거나 해안지역 시스템을 강화한다(Chang & Mori, 2021). 이는 기존의 회색 기반시설과는 다르게 비용에 대해 더욱 효율적이며(Reguero et al., 2018), 변화하는 기후에 적용할 수 있는 장점이 있다. 기존의 그린 인프라스트럭처와 관련된 연구들은 오랜 기간에 걸쳐 각기 다른 녹색 요소들에 대해 저마다의 분야에서 그 효과나 기능을 분석하는 것들이 주로 이루어졌으나, 이러한 연구들을 종합하고 정리하여 그 방향성을 제시하는 연구는 부족한 실정이었다. 따라서, 다양한 분야에서 연구 동향을 분석하고 핵심 주제에 대한 방향성을 제시하기 위해, 체계적 문헌고찰(Systematic review) 또는 계량서지 분석(Bibliometric analysis) 등을 활용한 연구는 의미있는 작업이 될 수 있다.

체계적 문헌고찰이나 계량서지 분석과 관련된 연구는 논문이나 보고서, 서지 등에 관한 데이터베이스를 기반으로 정량적 분석과 문헌 간의 관계를 분석하는 작업으로 논문의 수나 논문에서 언급된 핵심 단어들을 계량화하는 것으로 평가하며 연구자가 직접적으로 이론적인 고찰을 일부 진행하는 것보다 더욱 객관적인 방법으로 인정되고 있다(Wallin, 2005). 이를 활용한 동시출현단어(co-occurrence) 분석은 텍스트 마이닝 기법 중의 하나로, 논문이나 보고서 등 문헌에 기록된 제목이나 초록, 핵심 단어들로부터 주요 단어들을 추출하고 다양한 문헌에서 동시에 출현하는 단어들의 연관성을 파악하고 이를 연구 영역으로 구분함으로써 시각화하는 기법이다(He, 1999). 이는 연도별, 나라별, 기관별,

연구자별로 그 관계와 연구동향을 파악할 수 있으며 이를 바탕으로 향후 연구방향을 제안할 수 있다는 장점이 있다(Jin & Eo, 2018). 국내에서 동시출현단어를 활용한 연구들은 암반 발파나 토양침식, 수소 에너지, 토사 재해 등 다양한 분야에서 연구 동향을 분석하기 위한 방법으로 활용되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 기존의 연구문헌들을 활용한 동시출현단어 분석을 바탕으로 해안재해 및 그린 인프라스트럭처와 관련된 연구의 동향을 살펴보고 해안재해에 대응한 그린 인프라스트럭처 연구의 방향성을 고찰하였다.

II. 이론적 배경

1. 해안재해와 그린 인프라스트럭처 연구동향

해안지역에서 재해와 관련된 연구는 2000년대 이후부터 점진적으로 증가하고 있으며, 특히 IPCC에서 1995년에 지구온난화와 국가온실가스에 대해 2차 평가보고서를 제출한 내용에서 회복력과 취약성이라는 용어를 해안관리와 기후변화 적응과 관련하여 사용하면서 확장되었다(Bijlsma et al., 1995). 해안지역에서의 회복력은 해안 시스템이 수행하는 기능을 유지하면서 해수면 상승이나 인간의 영향과 같은 요인으로 인한 변화에 대처할 수 있는 해안지역의 능력으로 정의된다(European commission, 2013). 해안지역에서의 회복력은 교란 또는 재해가 태풍이나 쓰나미 같은 대규모 재난이 단기적인 측면에서 pulse의 형태로 나타나거나, 해수면 상승이나 기후변화와 같이 장기적인 측면에서의 press 형태로 나타나는 것을 강조한다(Piégay et al., 2020). 이러한 교란에 대응할 수 있는 기존의 해안지역 시설들은 그레이 인프라스트럭처라고 하는 공학적인 접근 바탕의 인공 구조물들이었다(Chang & Mori, 2021). 그러나 설계 및 설치의 용이성과는 반대로 높은 유지비용이나 해안 서식지에 대한 해로운 영향, 사회적·환경적 변

화에 대한 부적응의 한계들은 그린 인프라스트럭처를 통한 해안재해의 대응이라는 새로운 방향을 제시하게 하였다(Chavez et al., 2021).

일반적으로 그린 인프라스트럭처는 사회 및 생태적인 문제를 해결하기 위한 자연기반 해법(Nature-based Solutions)으로 생태계 서비스를 포함한 다양한 목표를 지향하고 있다(IUCN, 2021). 해안지역에서의 그린 인프라스트럭처는 대부분 생태계 서비스를 제공할 수 있는 다기능의 전략적인 네트워크 또는 요소로 정의하고 있다(Ruckelshaus et al., 2016; Nesshover et al., 2017; Silva et al., 2017; Morris et al., 2018; Conger and Change, 2019; Caparros-Martinez et al., 2020; Kumar et al., 2020). 그에 따라 그린 인프라스트럭처의 유형을 일반적으로 연안 삼림(coastal trees), 맹그로브(mangroves), 염습지(salt marshes), 해초(seagrasses), 방파제(barrier island), 연안 사구(coastal dunes), 산호초(coral reefs) 등으로 구분하고 있다(Tanaka et al., 2007; Gedan et al., 2011; McIvor et al., 2012; Chavez et al., 2021).

대부분의 해안재해와 관련된 그린 인프라스트럭처 연구들에서는 그린 인프라스트럭처의 용어를 직접적으로 사용하지 않고, 각각의 요소들이 해안지역에서 어떤 기능들을 수행하는지 공학적이거나 정량적으로 모델화되어 접근하고 있다. 일부 연구들에서는 앞선 유형들을 그린 인프라스트럭처로서 해안 재해에 어떻게 대응하는지 검토하거나(Chang & Mori, 2021; Sohn et al., 2021), 기존의 그레이 인프라스트럭처와 그린 인프라스트럭처를 통합하여 홍수를 저감시킬 수 있는 기능을 제시하고 있다(Waryszak et al., 2021). 또는 그린 인프라스트럭처(또는 자연환경요소)에 대한 개념적인 고찰을 통해 정의와 유형에 대해 검토하고 종합하여 정리하는 연구는 일부 나타나고 있다(Masselink & Lazarus, 2019; Chavez et al., 2021). 이렇듯 기존의 해안지역 내의 생태적 요소들을 그린 인프라스트럭처라는 용어로 사용하는

경향은 최근 들어 나타나고 있으며, 개념적인 고찰을 제외하고 정량적으로 해안재해에 대한 그린 인프라스트럭처의 동향을 분석하는 연구는 사실상 전무한 실정이다. 뿐만 아니라, 앞서 언급한 바와 같이 기존의 그린 인프라스트럭처 요소들을 활용한 대부분의 연구들은 각각의 요소별로 어떠한 기능을 수행하는지에 대해서 정량적으로 분석하는 것이 집중되어 있으나 자연기반 해법으로써 그린 인프라스트럭처가 해안재해에 대응하기 위한 계획이나 관리 측면에서의 연구 역시 부족한 실정이다. 따라서 해안재해와 관련된 그린 인프라스트럭처의 연구 동향을 통합적으로 분석하고, 이를 바탕으로 향후 해안재해에 대응하기 위해 계획이나 관리 측면에서 그린 인프라스트럭처를 활용할 수 있는 방안을 제시하기 위한 기초적인 연구가 필요하다.

2. 동시출현단어 분석을 통한 특정 분야의 연구동향

동시출현(co-occurrence) 분석은 특정 분야의 문서 내 제목, 저자, 키워드, 요약(초록) 등의 텍스트를 분석하여 특정 텍스트들이 얼마나 많은 문서에 동시에 출현하는가를 바탕으로 텍스트 간의 연관 관계와 해당 분야의 지식 구조를 분석하는 방법이다(Jeon & Lee, 2016). 동시출현 분석 중 동시출현단어 분석은 문헌 집합에 나타난 키워드, 분류코드 등의 동시출현빈도를 이용하여 주제 분야의 영역을 시각적으로 표현하는 방법으로 다양한 분야의 주제 영역의 연구 경향과 시기적 변화 등을 파악하기 위해 사용된다(Heo & Song, 2013).

동시출현단어 분석의 주 활용 분야는 서지 정보학이나, 최근에는 이를 다른 분야의 연구에 적용한 사례도 상당수 찾아볼 수 있다. 국외의 경우, 환경 및 도시계획 관련한 분야에서의 주된 사례는 다음과 같다. Badiu et al.(2019)의 논문은 이러한 분석을 통해 2005년에서 2017년 사이에 출판된 도시 그린 인프라스트럭처 관련 논문의 핵심 주제어에 생태계 서비스(ecosystem service)와 도

시숲(urban forestry)이 포함되어 있음을 보여주었다. 본 연구에서는 그린 인프라스트럭처와 생태계 서비스 등의 용어 자체가 문헌에서 나타나고 있는 동향을 파악함으로써 해당 키워드의 중요성 정도를 제시하는 데 한계가 있었다. 그린 인프라스트럭처가 아닌 다른 주제에 대해 동시출현 단어를 분석하는 연구들에서는 공통적으로 연도나 국가, 그리고 학문의 분야별로 연구들을 종합하고 동시출현단어에 대해서는 간략하게 표현하는 경향이 나타났다(Al-Ashmori et al., 2020; Huang et al., 2020; Xie et al., 2020).

국내에서 동시출현단어 분석과 관련된 연구로는 한국과 외국의 연구경향을 비교하거나 국내 특정 지역과 그 외의 지역 간 경향을 비교하는 내용들이 대부분이었다. 다만 그린 인프라스트럭처와 관련되어 동시출현단어를 분석한 연구는 나타나지 않았으며, 그 외의 주제에서 국내의 장소성과 관련된 연구동향이나(Lee & Kim, 2019), 노인주거디자인과 관련된 연구동향을 분석하거나(Wang et al., 2021), 부산과 타 지역의 스마트도시계획 연구의 동향을 비교분석하는 과정에서 동시출현단어 분석을 활용했다(Chae & Lee, 2018). 일부 연구들에서는 2000년부터 2022년까지 시기별로 연구동향을 분석하여 동시출현단어의 빈도수를 도출하거나(Kim & Kwon, 2022), 단어의 군집별로 분석하여 그 특성을 유형화하였으나(Lim et al., 2020; Wang et al., 2021), 이러한 분석의 결과를 바탕으로 방향성을 제시하는 연구는 상대적으로 부족했다. 따라서, 그린 인프라스트럭처와 관련된 주제를 바탕으로 동시출현단어를 분석하면서, 나타난 결과를 바탕으로 향후 방향성을 제시하는 연구가 필요하다.

III. 재료 및 방법

1. 연구대상 및 자료수집

본 연구에서는, 해안지역에서 발생하는 재해에 대응하는 그린 인프라스트럭처의 연구 동향을

분석하기 위해 국제 논문 라이브러리인 ISI Web of Science(WoS) database를 활용하였으며, 그에 따른 분석 절차와 내용은 다음 Figure 1과 같다. Web of Science core collection에서 해안지역의 재해와 관련된 키워드를 검색하는 과정에서, 검색방법은 논문의 영문제목, 영문초록, 저자키워드에 등장하는 키워드를 검색하게 되는 주제어(Topic) 검색을 이용하여 다음과 같은 검색어를(TS=("coastal disaster" OR "coastal hazard" OR "coastal risk" OR "coastal flood")) AND (DT=("ARTICLE") AND DT=("ARTICLE")) 설정했다. 본 연구에서 연구동향을 파악하기 위해 검색한 논문의 기간은 2000년대 이후로 설정했다(2000~2022년). 문서의 유형은 논문(article)에 초점을 두고 검색하였으며, 그에 따른 상세한 정보를 수집했다. 수집된 문헌은 총 2,183편으로, 검색한 연구자료의 동향을 분석하기 위해서는 Web of Science에서 제공하는 기초적인 통계 분석 시스템(게재된 연구자료의 연도 및 게재 건수, 학술지 분야 등)을 활용했다.

2. 분석방법

앞선 단계에서 수집한 자료들을 바탕으로, 동시출현단어 분석을 위해서 VOSviewer 1.6.18을 활용했다. VOSviewer는 핵심 단어의 분석을 통해 관계를 구성하고 시각화하는 소프트웨어로(Waltman & van Eck, 2013), 학술지와 연구기관, 나라, 연구원, 저자관계, 핵심 단어 인용 등의 선택한 주제를 시각화하는 것으로 각 주제 간 연결 관계를 분석할 수 있다. 또한 VOSviewer에서는 각 문헌에서 핵심 단어들이 키워드와 초록, 제목 등에서 얼마나 동시에 출현했는가를 기준으로 군집화된다. 군집화된 핵심 단어들은 네트워크의 형태로 나타나게 되며, 연관성이 높은 단어들이 근접하고, 연관성이 낮은 단어들은 거리가 멀게 위치하게 된다(van Eck & Waltman, 2017). 본 연구에서는 검색된 문헌들 중에서 핵심 단어가 10회 이상 도출되는 용어들에 한해서 네트워크 분

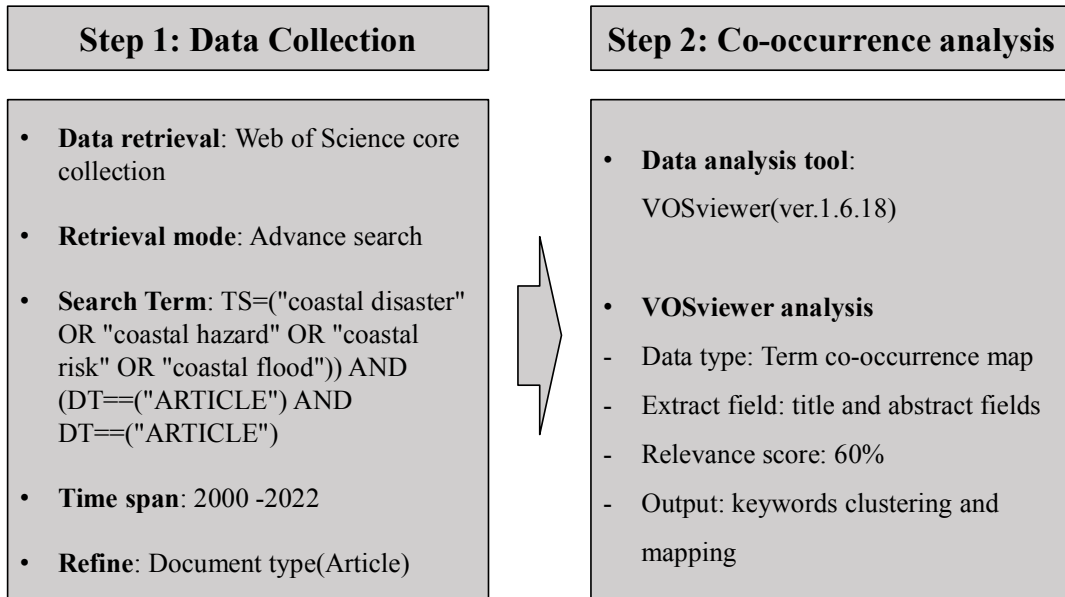


Figure 1. Research process

석을 실시하였으며, 도출된 핵심 단어들 중에서 연관성 점수(relevance score)는 프로그램의 초기 값인 60% 이상으로 설정하였다. 총 도출된 동시 출현 단어들의 수는 466개가 나타났고, 이를 연구의 결과에서 지도화하고 분석했다.

IV. 연구 결과 및 고찰

1. 서지 정보 분석

1) 연도별 분석

본 연구에서는 먼저, 2000년부터 2022년까지 해안지역에서의 재해와 관련된 국제 연구논문을 2,183편 검색하고 수집했다. 2000년대 이전에는 관련 연구가 미비하였으며, 2000년대 이후로 2006년까지는 10편 이하의 논문들이 발표되었고 이후로는 점차 증가하기 시작하여 매년 꾸준히 10편 이상씩 증가하는 추세로 나타났다. 2016년 이후에는 100편이 넘는 논문들이 발표되기 시작하였으며, 특히 2018년에는 462편의 논문이 발표되어(21.2%) 최대치를 기록했다. 그 외의 2019년 이후에도 200편이 넘는 논문들이

매해 출판되어 세계적으로 자연재해와 관련된 연구들은 지속적으로 증가하고 있는 것으로 나타났다(Figure 1).

2) 국가 및 지역별 분석

2000년부터 2022년까지 수집한 논문 중에서, 국가 및 지역별로 동향을 분석한 결과는 다음 Figure 2와 같이 나타났다. 해안재해와 관련된 국제 연구논문 총 2,183편의 논문 중에서 중국이 가장 많은 599편(27.4%)을 게재했고, 이어서 미국 474편(21.7%), 영국 289편(13.2%), 우리나라 276편(12.6%), 프랑스 142편(6.5%), 네덜란드 129편(5.9%), 이탈리아 122편(5.6%), 독일 114편(5.2%), 호주 112편(5.1%) 등의 순으로 나타났다. 우리나라의 경우 네 번째로 많은 논문을 게재하여, 해안재해와 관련하여 다양한 측면의 연구들을 수행하고 있다는 것을 확인할 수 있다.

3) 연구의 학술분야 분석

해안재해와 관련하여 논문이 게재된 다양한 학술지의 학문 분야를 분석한 결과는 다음 Table

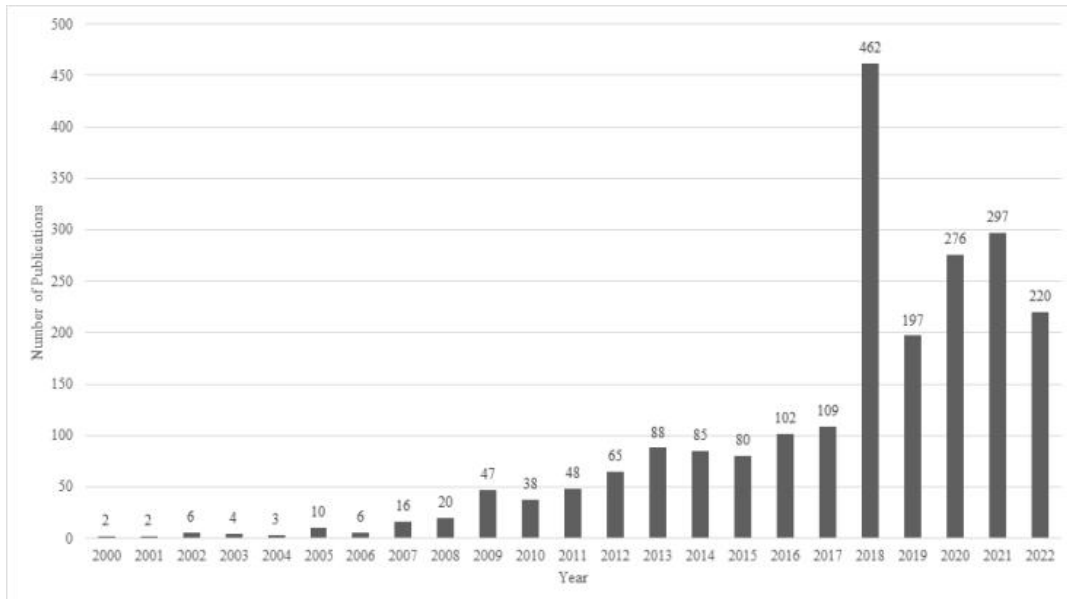


Figure 2. Number of journals related to coastal disaster by year

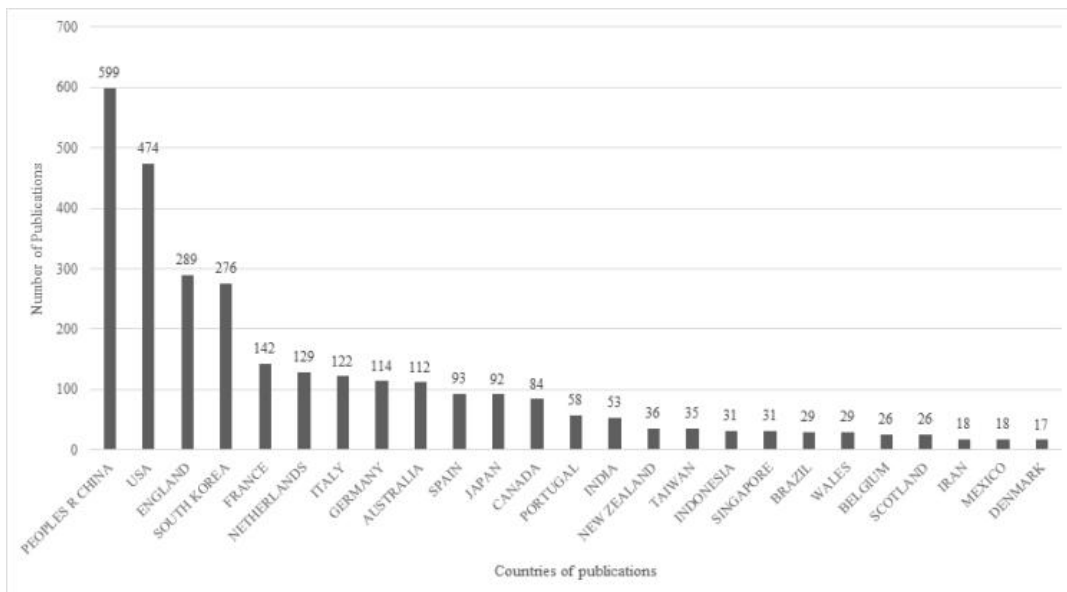


Figure 3. Number of journals related to coastal disasters by country

1과 같다. 하나의 논문이 학술분야의 측면에서는 일부 중첩될 수 있으며, 이를 고려하더라도 환경 과학생태(Environmental Sciences Ecology) 분야에서 938편(43%)으로 가장 높은 비율을 차지함을 알 수 있었다. 그 외에는 지질학(Geology) 분야에

서 798편(36.6%), 자연지리학(Physical Geography) 분야에서 504편(23.1%), 공학(Engineering) 분야에서 479편(21.9%), 수자원(Water Resources) 분야에서 447편(20.5%), 해양학(Oceanography) 분야에서 341편(15.6%), 기상대기과학(Meteorology

Table 1. Research categories

Rank	Categories	Count	%
1	Environmental Sciences Ecology	938	43.0
2	Geology	798	36.6
3	Physical Geography	504	23.1
4	Engineering	479	21.9
5	Water Resources	447	20.5
6	Oceanography	341	15.6
7	Meteorology Atmospheric Sciences	279	12.8
8	Marine Freshwater Biology	137	6.3
9	Science Technology Other Topics	94	4.3
10	Mathematics	54	2.5
11	Remote Sensing	52	2.4
12	Computer Science	46	2.1
13	Mechanics	40	1.8
14	Geography	36	1.6
15	Biodiversity Conservation	33	1.5
16	Imaging Science Photographic Technology	33	1.5
17	Materials Science	32	1.5
18	Physics	28	1.3
19	Construction Building Technology	25	1.1
20	Geochemistry Geophysics	19	0.9
21	Chemistry	14	0.6
22	Public Environmental Occupational Health	13	0.6
23	Energy Fuels	11	0.5
24	Thermodynamics	10	0.5
25	Agriculture	9	0.4

Atmospheric Sciences) 분야에서 279편(12.8%), 해양담수생물학(Marine Freshwater Biology) 분야에서 137편(6.3%) 등 다양한 학술분야에서 폭넓게 연구되고 있는 것으로 나타났다. 이를 종합하면, 대부분의 연구들은 해양, 대기, 생태, 생물, 공학 등의 분야에 집중되어 있음을 알 수 있다.

2. 동시출현단어 분석

동시출현(Co-occurrence)단어 분석을 위해 앞에서 수집한 2,183편의 논문을 대상으로 제목과 키워드, 초록 등을 활용했다. 그 결과로, 총 466개의 키워드들은 4개의 군집으로 구성되었다(Figure 4). 군집은 유사한 연구분야의 집합이며, 이는 네트워크의 분석된 핵심 단어들을 여러 그룹으로 나누어 가치치에 따른 모듈화 이후 smart local moving algorithm을 활용하여 구분

된다(Girvan & Newman, 2002). 그에 따라 각 군집별 키워드들은 해당 군집 내에서 동시에 출현하는 빈도수가 높다고 할 수 있다. 군집 1에 해당하는 키워드는 총 200개가 도출되었으며, 군집 2의 키워드는 178개, 군집 3의 키워드는 60개, 군집 4의 키워드는 28개가 도출되었다. 다음의 Table 1부터 4에는 각각 군집별 키워드들 중에서 동시출현(Co-occurrence) 빈도가 상위 20위 내에 있는 키워드들을 나타냈다.

군집 1의 경우, 해안재해의 종류 중에서 쓰나미(tsunami)와 관련된 다양한 키워드가 도출되었으며, 다른 측면에서는 해안지역의 재해에 대해 전통적으로 예측하거나 관찰, 시뮬레이션하는 연구의 기법 측면에서 다양한 키워드들이 도출되었다. 이를 바탕으로 군집 1의 연구 경향은 “쓰나미와 연관된 해안재해, 재해예측 및 시뮬레이션 기

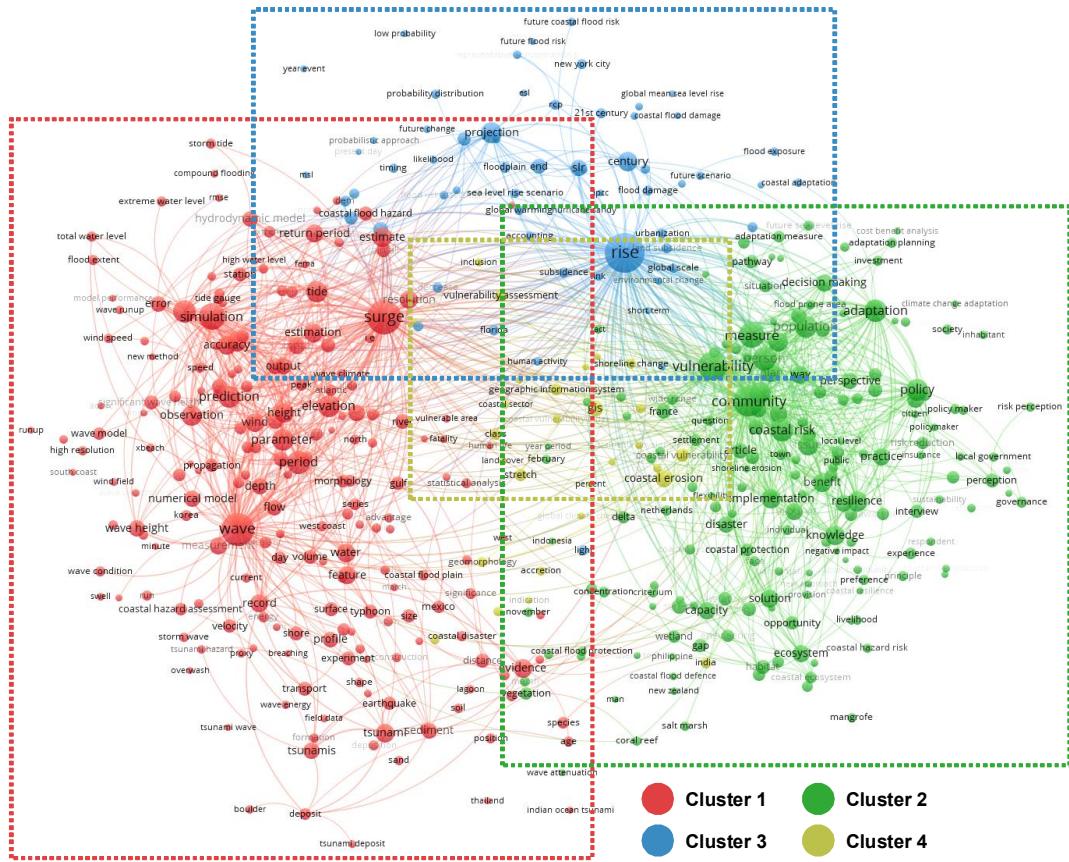


Figure 4. Result of co-occurrence analysis: Composed of 4 clusters

법”으로 정리했다. 세부적으로는 해일(surge)의 출현빈도가 246건으로 제일 높았으며, 그 외에 쓰나미와 관련된 키워드들은 파도(wave)가 224건, 조류(tide)가 94건, 쓰나미(tsunami)와 바람

(wind)이 76건 등의 출현빈도를 나타냈다. 해안 재해 예측기법과 관련해서는 시뮬레이션(simulation)이 144건으로 가장 높은 출현빈도를 보였으며 매개변수(parameter)가 103건, 관측

Table 2. Keywords occurrences and relevance score about cluster 1

Cluster 1: Coastal disaster related to tsunami, disaster prediction, simulation method					
Keywords	Occurrences	Relevance	Keywords	Occurrences	Relevance
surge	246	0.3196	height	85	0.5354
wave	224	0.8353	estimate	83	0.4853
simulation	144	0.9358	accuracy	76	1.0963
period	116	0.6305	evidence	76	0.4765
water level	108	1.2361	tsunami	76	1.4009
parameter	104	0.6828	water	76	0.5227
prediction	103	0.8291	wind	76	0.8358
elevation	99	0.506	modeling	73	0.7049
tide	94	0.6768	estimation	72	0.7005
observation	88	1.0237	record	71	1.3333

Table 3. Keywords occurrences and relevance score about cluster 2

Cluster 2: Damaged to social system, theoretical approach and solution					
Keywords	Occurrences	Relevance	Keywords	Occurrences	Relevance
community	194	0.4193	implementation	83	0.5081
vulnerability	178	0.5342	knowledge	81	0.8410
measure	146	0.6270	decision	80	0.6875
person	114	0.6726	benefit	77	0.7977
adaptation	112	1.0812	solution	73	0.5534
coastal risk	110	0.6918	plan	71	0.6203
policy	99	1.5171	way	71	0.6440
population	98	0.7793	resource	66	0.7027
challenge	90	0.5799	country	63	0.6077
resilience	86	0.9596	capacity	62	0.4598

(observation)이 88건, 추정(estimate)이 83건, 모델링(modeling)이 73건 등으로 나타났다.

군집 2의 경우, 해안재해의 영향을 받는 사회 시스템과 관련된 키워드들이 도출되거나 해안재해와 관련된 최근의 이론적인 개념과 해법들과 관련된 키워드들이 도출되었다. 이를 바탕으로 군집 2의 연구 경향은 “해안재해의 영향을 받는 사회 시스템, 이론적 접근 및 해결”로 정리했다. 세부적으로는 사회 시스템과 관련하여 커뮤니티(community)가 194건으로 출현빈도가 가장 높았으며 사람(person)이 114건, 정책(policy)이 99건, 인구(population)가 98건 등의 출현빈도를 보였다. 이론적 접근 및 해결에 대한 키워드는 취약성(vulnerability)이 178건으로 가장 높은 출현빈도를 보였으며, 적응(adaptation)이 112건, 해안 위험(coastal risk)이 110건, 회복력(resilience)이 86건, 해결(solution)이 73건의 출현빈도를 나타냈다. 군집 2에서는 상위 20건의 키워드에는 나타나지 않았지만, 그린 인프라스트럭처와 관련된 용어들이 등장하기도 했다. 다양한 연구들에서 아직 그린 인프라스트럭처의 용어는 해안재해와 관련하여 직접적으로 많이 활용되지는 않으나, 그린 인프라스트럭처의 다양한 요소들이 간접적으로 나타나고 있어 군집 2에서는 그린 인프라스트럭처와 관련된 키워드들에 대해서도 인식할 수 있다. 세부적으로는

서식지(habitat)가 41건, 식생(vegetation)이 36건, 습지(wetland)가 34건, 방파제(seawall)가 27건, 습지(marsh)가 22건, 산호초(coral reef)와 맹그로부(mangrove), 염습지(salt marsh)가 각 20건, 그린 인프라스트럭처(green infrastructure)가 10건 등으로 나타나고 있다.

군집 3의 경우, 해안재해의 종류 중에서 해수면 상승(sea level rise)과 관련하여 다양한 키워드들이 도출되었으며, 지역 혹은 공간적인 기법과 관련된 키워드들이 도출되었다. 이를 바탕으로 군집 3의 연구 경향은 “해수면 상승, 국제적 이슈 및 지형”으로 정리했다. 세부적으로 해수면 상승과 관련하여 상승(rise)에 대한 키워드가 332건으로 가장 높은 출현 빈도를 보였으며, 해수면 상승을 줄인 SLR(Sea Level Rise)이 57건, 극한 해수면(extreme sea level)이 40건, 범람원(floodplain)이 26건, 해수면 변화(sea level change)가 24건 등의 출현빈도를 나타냈다. 또한 국제적 이슈와 해안지형에 대한 키워드는 투영(projection)이 96건, 수치표고모형(digital elevation model)이 37건, 뉴욕과 플로리다가 각각 24, 21건, 지반 침하(land subsidence)가 22건 등의 출현빈도를 나타냈다.

군집 4의 경우, 다른 군집들에 비해 상대적으로 적은 키워드들이 도출되었다. 도출된 키워드들은 주로 해안지역의 취약성을 연구적으로 활

Table 4. Keywords occurrences and relevance score about cluster 3

Cluster 3: Sea level rise, international issue and					
Keywords	Occurrences	Relevance	Keywords	Occurrences	Relevance
rise	332	0.2424	flood damage	24	0.5484
projection	96	0.5952	new york city	24	0.6424
century	78	0.6756	sea level change	24	0.4596
slr	57	0.3813	population growth	23	0.8738
end	49	0.5995	decrease	22	0.4915
mean sea level	48	0.697	land subsidence	22	0.6734
extreme sea level	40	0.8442	subsidence	22	0.433
digital elevation model	37	1.2566	flood impact	21	0.5836
floodplain	26	0.4587	florida	21	0.3927
coastal flood risk assessment	24	0.9428	rcp	21	1.0704

Table 4. Keywords occurrences and relevance score about cluster 4

Cluster 4: Utilization of coastal vulnerability and spatial method					
Keywords	Occurrences	Relevance	Keywords	Occurrences	Relevance
coastal erosion	66	0.4894	remote sensing	18	0.7423
gis	50	0.5222	coastal process	17	0.8378
coastal vulnerability	36	0.654	tidal range	17	0.4393
stretch	34	0.264	coastal sector	16	0.4597
vulnerability assessment	32	0.4718	coastal vulnerability index	16	1.349
india	28	0.6416	inclusion	16	0.6105
class	27	0.406	land cover	14	0.5557
geomorphology	24	0.4816	sustainable development	14	0.6497
shoreline change	24	0.4872	indication	12	0.4936
high risk	18	0.58	global climate change	11	0.611

용하는 측면의 키워드들이 도출되었으며, GIS 나 RS 등 공간기법과 관련된 키워드들도 도출되었다. 이를 바탕으로 군집 4의 연구 경향은 “해안 취약성의 활용 및 공간기법”으로 정리할 수 있었다. 세부적으로 해안 취약성을 활용하는 키워드는 해안침식(coastal erosion)이 66건으로 가장 높은 출현빈도를 보였으며, 해안 취약성(coastal vulnerability)이 36건, 취약성 평가(vulnerability assessment)가 32건, 해안 취약성지수(coastal vulnerability index)가 16건 등의 출현빈도를 나타냈다. 공간기법과 관련된 키워드들은 지리정보시스템(Geographic Information System)이 50건으로 가장 높은 출현빈도를 나타냈으며 원격탐사(remote sensing)가 18건, 토지

피복(land cover)이 14건 등으로 나타났다.

3. 향후 연구동향

본 연구에서는, 앞서 동시출현단어에 대해 군집별로 분석한 이후, 그린 인프라스트럭처와 해안재해를 연결하여 현재까지의 연구동향이 어떻게 이루어져 왔으며 향후 연구의 동향에 대해 고찰하고자 다음 Figure 5의 결과를 VOSviewer를 통해 나타냈다. 진한 색으로 되어 있는 키워드는 과거에 출현한 빈도가 높았으며, 노란색으로 되어 있는 키워드일수록 최근에 주요하게 나타난 키워드로 볼 수 있다. 그린 인프라스트럭처의 측면에서, 앞선 군집 2에서 나타난 그린 인프라스트럭처와 관련된 변수들(서식지, 식생, 습

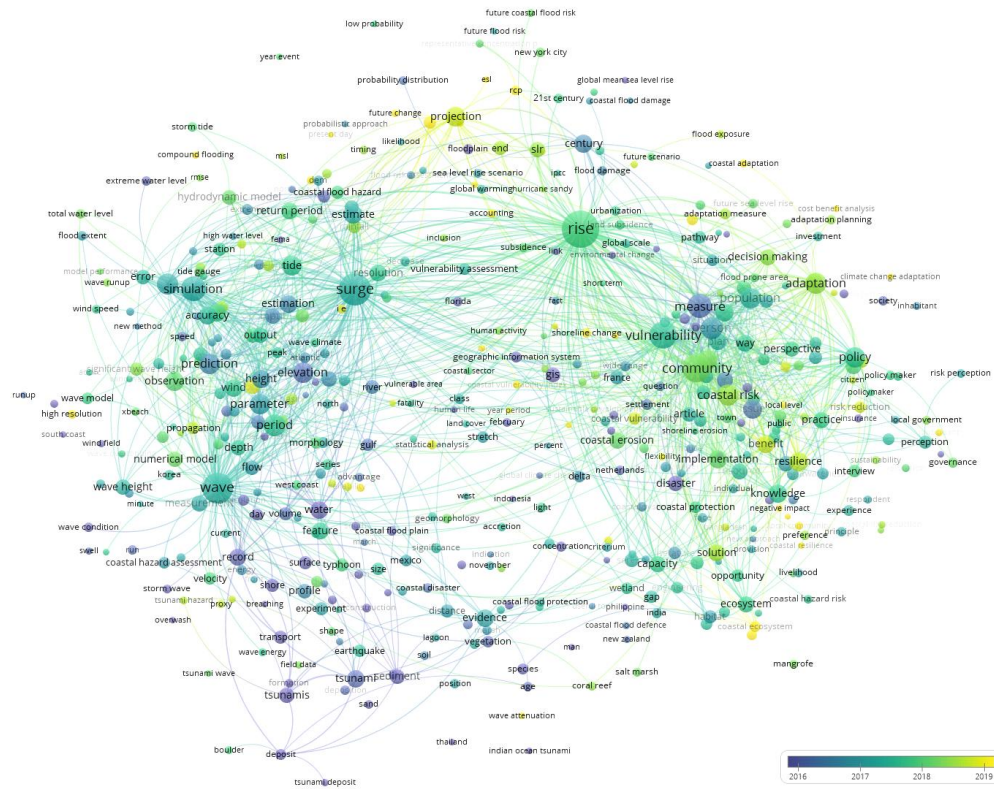


Figure 5. Relationship between green infrastructure and coastal disaster with time information

지, 산호초, 방파제 등)은 최근들어 점차 나타나고 있는 추세이다. 그에 대한 구체적인 수치는 다음 Table 5에 나타냈다. 서식지(habitat)나 식생(vegetation), 습지(marsh) 등의 그린 인프라스트럭처는 2016년에 평균적으로 논문에서 나타나고 있으며 습지(wetland)와 방파제(seawall) 등은 2017년에, 산호초(coral reef)와 맹그로브(mangrove), 염습지(salt marsh)와 같은 그린 인프라스트럭처는 2018년에 평균적으로 논문에서 나타나고 있다. 특히 그린 인프라스트럭처를 직접적으로 키워드로 언급하는 논문은 2020년에 평균적으로 나타나, 최근들어 점차 해안재해에 대해서 그린 인프라스트럭처를 활용하고자 하고 있다는 것을 알 수 있다. 이는 Figure 5에서 나타나고 있지만, 과거의 쓰나미와 같은 해안재해를 단순히 예측하고 평가하는 연구에서 최

근에 해안 생태 시스템(coastal ecosystem)이나 생태계 서비스(ecosystem service)와 같이 해안 재해에 대해 생태적인 측면을 강조하는 연구들로 변화하고 있는 측면에서 그린 인프라스트럭처의 중요성이 더욱 강조되고 있는 것이다.

그러나 최근의 연구에서 부각되고 있는 그린 인프라스트럭처의 중요성에 비해서, 현재 그린 인프라스트럭처와 관련된 연구들은 홍수저감, 서식처 제공, 레크리에이션 등과 같이 그린 인프라스트럭처의 기능에 대한 평가나 효과에 초점을 두고 있다(Masselink & Lazarus, 2019; Sohn et al., 2021). 일부 연구들에서는 그린 인프라스트럭처를 활용하여(혹은 그레이 인프라스트럭처와 혼합하여) 실제 해안지역에서 어떤 프로젝트의 형식으로 제안할 것인지(Waryszak et al., 2021), 해안지역의 교란에 어떻게 해안 그

Table 5. Keyword occurrence and average publication year of green infrastructure

Keywords	Occurrence	Avg.Pub.year	Keywords	Occurrence	Avg.Pub.year
habitat	40	2016	coral reef	20	2018
vegetation	35	2016	mangrove	20	2018
wetland	34	2017	salt marsh	20	2018
sea wall	25	2017	green	10	2020
marsh	21	2016	infrastructure		

린 인프라스트럭처를 통해 대응할 것인지 (Chavez et al., 2021)를 나타내고 있다. 이러한 연구는 극히 일부이며 대부분의 그린 인프라스트럭처(혹은 그 요소들)에 대한 연구들은 기능과 효과를 정량적으로 제시하는 분석적인 측면을 강조한다. 그러나 해안지역에서 발생하는 재해에 대해 최근의 회복력 개념을 바탕으로 접근하는 과정에서는, 전체론적 접근을 바탕으로 이론과 실험을 기반으로 재해에 대응할 수 있는 계획이 필요하다(Nicholls & Branson, 1998; Beatley, 2012). 해안지역에서 발생하는 재해에 대한 인식부터, 그로 인해 피해를 받는 시스템을 분석하고 그린(또는 그레이) 인프라스트럭처의 배치를 통한 효과를 통해 지속가능한 계획을 수립하는 것이 이론과 계획의 간극을 좁힐 수 있는 방향이라고 할 수 있다(Griffith, 2018). 따라서 본 연구에서 도출된 해안재해와 그린 인프라스트럭처에 대한 키워드와 동향은 해안지역의 회복력 있고 지속가능한 계획을 수립하는 향후 연구에 있어 전반적인 프로세스와 각 단계별 핵심적인 요소로 활용할 수 있다.

V. 결 론

본 연구는 동시출현단어를 기반으로 해안재해에 대응한 그린 인프라스트럭처 연구의 동향과 방향성을 파악하였다. 연구의 결과로는 첫째, 해안재해와 관련된 키워드를 바탕으로 도출된 문헌들에 대한 서지 정보를 분석했다. 연도별 분석을 통해 2000년대 이후 지속적으로 관련 연구가 증가하고 있음을 확인하였으며, 국가 및

지역별 분석을 통해 중국, 미국, 영국, 우리나라 등의 순서로 연구가 나타났음을 확인했다. 학술분야의 경우 환경생태 과학분야와 지질학, 지리학 등의 분야에서 주로 연구들이 나타났다. 둘째, 동시출현단어 분석을 통해 문헌들에서 나타나는 키워드들의 관계를 분석했다. 동시출현단어 분석의 결과로는 4개의 군집이 도출되었다. 군집 1은 ‘쓰나미와 연관된 해안재해 및 예측 시뮬레이션 관련 기법’으로 주제가 나타났으며, 그에 따라 해일(surge), 파도(wave), 조류(tide), 바람(wind), 모델링(modeling) 등의 키워드가 높은 빈도로 도출되었다. 군집 2는 ‘해안재해의 영향을 받는 사회 시스템과 이론적 접근, 해결’로 주제가 나타났다. 그에 따라 개인(person) 및 인구(population), 커뮤니티(community) 등의 키워드들이 높은 빈도로 도출되었다. 이는 해안재해로 인한 사회 시스템의 회복력과 연결되는 만큼 해안재해 취약성 평가 및 적응력을 파악하여 사회 시스템의 회복력을 높일 수 있는 방안을 제시하는 것이 문제 해결을 위한 방안이 될 것으로 사료된다. 또한 높은 빈도로 도출되지는 않았지만 군집 2에서는 서식지(habitat), 식생(vegetation), 습지(wetland), 염습지(salt marsh), 산호초(coral reef), 맹그로브(mangrove) 등의 그린 인프라스트럭처 요소들이 나타나기도 했다. 군집 3의 경우 ‘해수면 상승, 국제적 이슈와 지형’으로 주제가 나타났다. 해수면 상승은 범국제적 문제이며, 해안재해의 피해를 높일 수 있는 만큼 수치 표고 모형(digital elevation model) 등을 활용하여 보다 심도 있는 지형분석과 영향 예측이 이루어져야 할 것이다. 마지막으로 군집

4는 ‘해안 취약성의 활용과 공간기법’과 관련된 연구들로 주제가 나타났다. 이를 통해 해안 취약성을 평가하기 위해서는 취약성 지수 산정을 기반으로 지리정보시스템(Geographic Information System), 원격 탐사(remote sensing), 토지 피복(land cover) 등과의 연계가 필요하며, 해안재해를 저감하기 위한 그린 인프라스트럭처를 조성하는데 적용할 수 있을 것이다. 셋째, 향후 연구동향을 분석하고 방향성을 제시하고자 했다. 그 과정에서 그린 인프라스트럭처의 요소들은 주로 2016년 이후로 나타나고 있으며, 그린 인프라스트럭처의 용어가 직접적으로 제시되는 것은 2020년에 나타나고 있어 그린 인프라스트럭처의 중요성이 더욱 강조되고 있었다.

이러한 연구의 결과는 해안재해에 적응하거나 대응하기 위한 수단으로써 그린 인프라스트럭처의 중요성이 높아지고 있음을 시사한다. 그에 더하여, 해안재해 예측기법의 고도화 및 사회생태 시스템에 대한 고려, 공간기법을 활용한 해안 취약성 평가 등의 연구를 기반으로 해안재해에 대응하기 위한 그린 인프라스트럭처 계획이 수립되어야 함을 확인할 수 있었다. 다만, 본 연구에서 활용된 동시출현단어 분석 기법은 초록과 키워드를 중심으로 분석이 진행되고, 각 키워드들을 어떻게 활용해야 하는지까지는 구체적으로 제시하지 못한다. 따라서 추후 연구에서는 본 연구에서 도출된 키워드들을 중심으로, 자연기반 해법으로써의 그린 인프라스트럭처가 해안재해의 대응 과정에서 어떻게 계획과 관리에 활용될 것인지 체계화할 필요가 있다. 또한 본 연구를 통해 분석된 해안재해, 그린 인프라스트럭처에 대한 국제적인 연구의 동향은 향후 국내연구에 대한 동향을 분석하고 연결시키는 것도 필요하다. 국제적으로 나타나는 해안재해와 관련된 문제는 국내에서도 지속적으로 나타나고 있으며 그에 따라 그린 인프라스트럭처를 통한 대응의 방향성이 결국 국내에 적용되어야 하기 때문이다.

본 연구는 그간 해안지역에서 중요도가 낮았던 그린 인프라스트럭처의 필요성을 인식하고, 연구의 동향을 파악함으로써 향후 해안지역에서 그린 인프라스트럭처를 활용한 대응의 방향성을 제시했다는 점에서 의의가 있다. 본 연구의 결과는 해안지역에서 그린 인프라스트럭처를 활용한 대응계획이나 관리를 수립할 경우 기초자료로 활용될 수 있다. 또한 국내에서 해안재해에 대해 그린 인프라스트럭처와 관련하여 방향성을 제시한 연구가 부재함에 따라, 본 연구에서는 과학적·사회적인 측면에서 향후 해안지역에서 발생하는 재해를 그린 인프라스트럭처로 대응할 수 있는 근거로 활용될 수 있을 것이다.

References

- Adger WN, Hughes TP, Folke C, Carpenter SR, and Rockstrom J. 2005. Social-ecological resilience to coastal disasters. *Science*. 309(5737): 1036-1039.
- Al-Ashmori YY, Othman I, and Rahmawati Y. 2020. Bibliographic analysis of BIM Success Factors and Other BIM Literatures using Vosviewer: A theoretical mapping and discussion. *Conference Series: Journal of Physics*. 1529(4): 042105.
- Badiu DL, Nita A, Iojă CI, and Niță MR. 2019. Disentangling the connections: A network analysis of approaches to urban green infrastructure. *Urban Forestry & Urban Greening*. 41: 211-220.
- Beatley T. 2012. *Planning for coastal resilience: Best practices for calamitous times*. Washington: Island Press.
- Bijlsma L, Ehler CN, Klein RJT, Kulshrestha SM, McLean RF, Mimura N, Nicholls RJ, Nurse LA, Pérez Nieto H, Stakhiv EZ, Turner RK, and Warrick RA. 1995. *Coastal Zones and Small*

- Islands. In *Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press. 289-324.
- Caparrós-Martínez JL, Milán-García J, Rueda-López N, and de Pablo-Valenciano J. 2020. Green Infrastructure and Water: An Analysis of Global Research. *Water*. 12(6): 1760.
- Chae Y. and Lee S. 2018. Identification of Strategic Fields for Developing Smart City in Busan Using Text Mining. *Journal of Digital Convergence*. 16(11): 1-15.
- Chang CW. and Mori N. 2021. Green infrastructure for the reduction of coastal disasters: a review of the protective role of coastal forests against tsunami, storm surge, and wind waves. *Coastal Engineering Journal*. 63(3): 370-385.
- Chávez V, Lithgow D, Losada M, and Silva-Casarin R. 2021. Coastal green infrastructure to mitigate coastal squeeze. *Journal of Infrastructure Preservation and Resilience*. 2(1): 1-12.
- Conger T. and Chang SE. 2019. Developing indicators to identify coastal green infrastructure potential: The case of the Salish Sea region. *Ocean & Coastal Management* 175: 53-69.
- European Commission. 2013. An EU strategy on adaptation to climate change. COM (2013) 216 final.
- Gedan KB, Kirwan ML, Wolanski E, Barbier EB, and Silliman BR. 2011. The present and future role of coastal wetland vegetation in protecting shorelines: answering recent challenges to the paradigm. *Climatic change*. 106: 7-29.
- Girvan M. and Newman ME. 2002. Community structure in social and biological networks. *Proceedings of the national academy of sciences*. 99(12): 7821-7826.
- Griffith AD. 2018. *Planning for Coastal Resilience: The Intersection of Theory and Practice*. Doctoral degree dissertation. The University of North Carolina at Charlotte.
- He Q. 1999. Knowledge Discovery Through Co-Word Analysis. *LIBRARY TRENDS* 48(1): 133-159.
- Heo GE. and Song M. 2013. Examining the Intellectual Structure of a Medical Informatics Journal with Author Co-citation Analysis and Co-word Analysis. *Journal of Korean Society for Information Management*. 30(2): 207-225.
- Holling CS. 1996. Engineering Within Ecological Constraints: Chapter. *Engineering Resilience versus Ecological Resilience. Engineering Within Ecological Constraints*. Washington, DC: The National Academies Press. 31-44.
- Huang T, Wu H, Yang S, Su B, Tang K, Quan Z, Zhong W, and Luo X. 2020. Global Trends of Researches on Sacral Fracture Surgery: A Bibliometric Study Based on VOSviewer. *SPINE*. 45(12): E721-E728.
- IUCN. 2021. Nature-based Solutions. <https://www.iucn.org/theme/nature-based-solutions>. Accessed on 5 Mar 2021
- Jeon I. and Lee H. 2016. Exploring the Research Topic Networks in the Technology Management Field Using Association Rule-based Co-word Analysis. *Journal of Technology Innovation*. 24(4): 101-126.
- Jin C. and Eo SH. 2018. Avian research trends in Korea analyzed by text-mining and co-word analysis: based on articles of the Korean Journal of Ornithology. *The Korean Journal of Ornithology*. 25(2): 126-132. (In Korean)
- Kim M. and Kwon S. 2022. Analysis of Research Trends in the Hydrogen Energy Field Using

- Co-Occurrence Keyword Analysis. *Explosives and Blasting*. 40(3): 1-18.
- Kumar P. Debele SE. Sahani J. Aragão L. Barisani F. Basu B. Bucchignani E. Charizopoulos N. Sabatino SD. Domeneghetti A. Edo AS. Finér L. Gallotti G. Juch S. Leo LS. Loupis M. Mickovski SB. Panga D. Pavlova I. Pilla F. and Zieher T. 2020. Towards an operationalisation of nature-based solutions for natural hazards. *Science of the Total Environment*. 731: 138855.
- Lee I. and Kim HJ. 2019. Analyzing the Study Trends of 'Sense of Place' Using Text Mining Techniques. *Journal of the Korean Biblia Society for Library and Information Science*. 30(2): 189-209.
- Lim YH. Kim SW. Nam S. Chun KW. and Kim M. 2020. A Comparison of Current Trends in Soil Erosion Research Using Keyword Co-occurrence Analysis. *Korean Journal of Environment and Ecology*. 34(5): 413-424.
- Masselink G. and Lazarus ED. 2019. Defining Coastal Resilience. *Water*. 11(12): 2587.
- McIvor A. Spencer T. Möller I. and Spalding M. 2012. Storm Surge Reduction by Mangroves. *Natural Coastal Protection Series: Report 2*. Cambridge Coastal Research Unit Working Paper 41. Cambridge: Nature Conservancy and Wetlands International.
- Micallef A. and Williams A. 2009. *Beach management: Principles and practice*. London: Routledge.
- Morris RL. Konlechner TM. Ghisalberti M. and Swearer SE. 2018. From grey to green: Efficacy of eco-engineering solutions for nature-based coastal defence. *Global change biology*. 24(5): 1827-1842.
- National Assembly Research Service. 2020. Countermeasures against urban flooding in response to climate change.
- Nesshöver C. Assmuth T. Irvine KN. Rusch GM. Waylen KA. Delbaere B. Haase D. Jones-Walters L. Keune H. Kovacs E. Krauze K. Külvik M. Rey F. van Dijk J. Vistad OI. Wilkinson ME. and Wittmer H. 2017. The science, policy and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective. *Science of the Total Environment*. 579: 1215-1227.
- Nicholls RJ. and Branson J. 1998. Coastal Resilience and Planning for an Uncertain Future: An Introduction. *The Geographical Journal*. 164(3): 255-258.
- Nicholls RJ. Hanson S. Herweijer C. Patmore N. Hallegatte S. Corfee-Morlot J. Chateau J. and Muir-Wood R. 2007. *Ranking of the World's Cities Most Exposed to Coastal Flooding Today and in the Future*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD).
- Peacock WG. and Husein R. 2011. *The Adoption and Implementation of Hazard Mitigation Policies and Strategies by Coastal Jurisdictions in Texas: The Planning Survey Results*. Texas: Hazard Reduction and Recovery Center, College of Architecture, Texas A&M University.
- Piégay H. Chabot A. and Lay YL. 2020. Some comments about resilience: From cyclicality to trajectory, a shift in living and nonliving system theory. *Geomorphology*. 367: 106527.
- Reguero BG. Beck MW. Bresch DN. Calil J. and Meliane I. 2018. Comparing the cost effectiveness of nature-based and coastal adaptation: A case study from the Gulf Coast of the United States. *PLoS ONE*. 13(4): e0192132.
- Renaud FG. Sudmeier-Rieux K. and Estrella M. 2013. *The role of ecosystems in disaster risk reduction*. ToKyo·NewYork·Paris: United Nations

- University Press.
- Ruckelshaus MH, Guannel G, Arkema K, Verutes G, Griffin R, Guerry A, Silver J, Faries J, Brenner J, and Rosenthal A. 2016. Evaluating the Benefits of Green Infrastructure for Coastal Areas: Location, Location, Location. *Coastal Management*. 44(5): 504-516.
- Silva R, Lithgow D, Esteves LS, Martínez, ML, Moreno-Casasola P, Martell R, Pereira P, Mendoza E, Campos-Cascaredo A, Grez PW, Osorio AF, Osorio-Can JD, and Rivillas GD. 2017. Coastal risk mitigation by green infrastructure in Latin America. In *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Maritime Engineering*. 170(2): 39-54.
- Sohn W, Bae J, and Newman G. 2021. Green infrastructure for coastal flood protection: The longitudinal impacts of green infrastructure patterns on flood damage. *Applied Geography*. 135: 102565.
- Tanaka N, Sasaki Y, Mowjood MIM, Jinadasa KBSN, and Homchuen S. 2007. Coastal vegetation structures and their functions in tsunami protection: experience of the recent Indian Ocean tsunami. *Landscape and ecological engineering*. 3: 33-45.
- van Eck, NJ, and Waltman L. 2017. Citation-based clustering of publications using CitNetExplorer and VOSviewer. *Scientometrics*. 111(2): 1053-1070.
- Walker B, Holling CS, Carpenter SR, and Kinzig A. 2004. Resilience, Adaptability and Transformability in Social - ecological Systems. *Ecology and Society*. 9(2): 5.
- Wallin JA. 2005. Bibliometric Methods: Pitfalls and Possibilities. *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology*. 97(5): 261-275.
- Waltman L, and van Eck NJ. 2013. A smart local moving algorithm for large-scale modularity-based community detection. *The European physical journal B*. 86: 471.
- Wang ZY, Cho JY, and Hong YK. 2021. A Comparative Study of Research Trends in Residential Design for the Elderly in Domestic and International Research Using Co-occurrence Analysis - Focusing on Web of Science Core Collection & the KCI-Korean Journal Database -. *Journal of the Korean Housing Association*. 32(6): 47-57.
- Waryszak P, Gavaille A, Whitt AA, Kelvin J, and Macreadie PI. 2021. Combining gray and green infrastructure to improve coastal resilience: lessons learnt from hybrid flood defenses. *Coastal Engineering Journal*. 63(3): 335-350.
- Xie L, Chen Z, Wang H, Zheng C, and Jiang J. 2020. Bibliometric and Visualized Analysis of Scientific Publications on Atlantoaxial Spine Surgery Based on Web of Science and VOSviewer. *World Neurosurgery*. 137: 435-442.