

부산 해운대구 사회생태 시스템의 지속가능한 관리를 위한 그린 인프라스트럭처 도입 방안[†]

한정우*, 송기환**, 전진형***

*고려대학교 일반대학원 환경생태공학과 박사과정, **고려대학교 오정리질리언스 연구교수, ***고려대학교 환경생태공학부 교수

1. 서론

해안지역은 생물의 서식처를 제공하며(김성환 외, 2008), 태풍과 쓰나미 같은 재해로부터 완충의 역할을 하는 등 다양한 생태계서비스를 제공한다(엄진 아 외, 2010). 특히 해안지역을 구성하고 있는 모래는 생물 서식처와 수질 정화 및 재해 방지 등의 기능을 하고 있어 중요하게 인식되고 있다(김종덕 외, 2006). 그러나 최근 무분별한 지역의 개발 및 기후변화의 영향으로 해안지역의 모래가 유실되고 있다(이세진, 2022). 해수욕장을 개발하기 위한 공사 과정에서 모래를 고장시켜주는 식물을 제거하여 모래의 유실이 가속화되거나(국립공원관리공단, 2007; 이희준, 2015; 김오석 외, 2019), 해수면 상승으로 가속화된 모래 유실은 해안지역에서 발생하는 다양한 재난 및 재해에 취약한 양상을 보인다(김철 외, 2017; 송현우 외, 2020; 석영선 외, 2022). 부산의 해운대구 지역은 매년 모래 유실로 인해 많은 예산을 투입하여 모래를 복원하는 사업을 추진하고 있다(김현주 외, 2019). 그 과정에서 수증 방파제를 설치하거나 모래를 인공적으로 투입하는 등 다양한 방법을 모색하고 있으나, 근본적인 해결책은 되지 않고 지속적으로 모래가 유실되고 비용의 소모가 큰 실정이다(김종범 외, 2021). 이처럼 모래 유실로 인해 발생하는 다양한 문제를 해결하기 위해 단순히 모래를 투입하거나 관리비용을 높이는 등의 계획보다는, 모래가 유실되는 생태적인 시스템과 그로 인한 사회적인 시스템을 통합적으로 인식하고 피드백에 대한 이해를 바탕으로 관리방안을 제시할 필요가 있다. 또한 모래의 투입이나 방파제 설치와 같은 인위적이고 구조적인 대책은 지속적인 관리비용의 투입과 같은 한계점이 나타나기 때문에, 그린 인프라스트럭처와 같은 자연기반 해법(nature-based solutions)의 도입을 통해 해안지역 사회생태시스템의 회복력을 높일 필요가 있다. 따라서 본 연구의 목적은 해운대구 지역을 대상으로 모래 유실이 발생하는 생태적 시스템과 그로 인한 관리 및 관광 등 사회적 시스템에 대한 시스템 사고를 활용하여 분석하고 그린 인프라스트럭처를 활용한 전략을 제시하고자 한다. 이를 위해 첫째, 해운대의 사회생태적 관점에서 모래를 중심으로 유실 및 복원과 관광 중심의 시스템 구조를 분석한다. 둘째, 해운대의 모래 유실 및 복원에 적용할 수 있는 그린 인프라스트럭처를 제시한다. 셋째, 제시한 그린 인프라스트럭처 전략을 모델링하여 정량적으로 측정하고자 한다. 본 연구에서는 전체 연구를 위한 첫 번째 단계로 해운대의 사회생태시스템 구조 분석에 초점을 두어 수행했으며, 그린 인프라스트럭처의 도입을 위한 전략지점을 탐색하고자 했다.

2. 연구방법

2.1 연구대상지

본 연구에서는 모래 유실로 인한 사회생태시스템의 문제가 발생하는 해안지역 중 부산 해운대구를 대상으로 했다. 해운대 해수욕장은 1947-2004년 사이 백사장 면적 54%, 폭 34%가 줄어들었고, 이후에도 지속적인 모래유실로 인해 면적이 줄어들고 있다. 지속적인 모래 유실에도 불구하고 관광객을 유치하기 위해 매년 인위적으로 수역원의 예산을 들여 톤 단위의 모래복원 사업을 진행해왔다. 특히, 2012년부터 2017년까지 진행된 모래 복원 사업은 부산의 지역 예산뿐만 아니라 정부 예산까지 동원하여 진행되었지만, 완료된 이후에도 모래 유실이 지속되고 있어 면적 감소 원인 규명 및 대안이 필요한 실정이다(김종범 외, 2021).

2.2 연구방법

본 연구에서는 부산 해운대구 지역의 모래 유실 시스템과 관리 및 관광의 사회 시스템의 순환구조를 이해하기 위해 시스템 사고에 기반한 인과순환지도를 분석했다. 인과순환지도는 시스템적인 사고를 바탕으로 하여 전체 시스템의 인과관계를 파악하고 시스템의 변화를 이해하는 기법으로(김도훈 외, 1999), 특정 변수의 관계만이 아닌 변수들이 이루어진 시스템을 구조적으로 바라보기 때문에 체계적인 분석이 가능하다(송기환 외, 2019). 부산 해운대구 지역에서 나타나는 모래 유실과 관리 사업, 그리고 관광의 측면에서는 특정 변수의 단순한 인과관계뿐 아니라 모래 및 식물 등 생태적인 시스템과 개발과 관리, 관광 등 사회적인 시스템이 복합적으로 얽혀서 나타나기 때문에 시스템의 인과 및 순환적인 구조를 분석할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 해운대에서 나타나는 모래 유실에 대한 사회생태시스템에 대해 시스템 사고를 활용하여 구조를 분석하여 인과순환지도를 작성하고 이를 바탕으로 전략지점을

[†]이 논문은 2022년도 정부(해양수산부)의 재원으로 해양수산과학기술진흥원-블루카본 기반 기후변화 적응형 해안조성 기술개발 사업 지원을 받아 수행된 연구임 (KIMST-20220526).

제시하고자 한다.

3. 예상 연구 결과

본 연구의 결과로 첫째, 해운대구 지역의 모래 유실을 중심으로 한 생태 시스템을 분석하였다. 모래 유실의 원인은 무분별한 개발로 인한 해안지역 식물 감소와 기후변화로 도출되었다. 개발로 인한 해안지역 식물의 감소로 모래를 고정시키지 못하여 모래 유실이 발생한 것으로 보이며, 기후변화로 인한 해수면 상승은 모래 유실을 가속화시킨다. 둘째, 생태 시스템의 변화로 나타나는 관리 및 관광 차원의 사회 시스템 구조를 분석했다. 모래가 유실되어 해운대의 모래 면적이 작아지면 관광객 유치에 위하여 모래복원사업을 진행하고, 방문하는 관광객은 지역에 재화를 소비함으로써 경계를 활성화시키는 것으로 도출되었다. 관광객을 통한 지역 경제 활성화는 부산 지자체 재정으로 연결되고 이는 다시 모래복원사업 예산으로 이어진다. 또한, 복원사업으로 늘어난 모래가 해운대 주변의 도로 및 주택으로까지 유실되는 것으로 나타났다. 모래복원사업을 진행할수록 복원사업에 들어가는 예산뿐만이 아닌 모래 유실로 인한 피해에 대하여 추가로 복구사업의 예산이 사용된다. 셋째, 앞선 인과순환지도들을 통합하여 그린 인프라스트럭처 도입을 위한 전략지점을 도출했다. 통합한 인과순환지도를 분석한 결과 사회시스템 측면의 무분별한 개발이 생태 시스템 측면에서 해안지역의 식물 감소를 유발하여 모래 유실을 야기하는 것으로 도출되었다. 또한 기존의 관광 수입으로 인한 재정의 증가가 유실된 모래 복원사업에의 지속적인 투자로 이어지는 것이 문제로 나타났다. 따라서 생태 시스템의 측면에서 해안지역 식물과 사회 시스템의 측면에서 무분별한 개발 및 복원사업에 대해 그린 인프라스트럭처의 도입을 통한 방안을 제시하고자 했다.

4. 결론

본 연구에서는 해운대구 지역에서 나타나는 모래 유실 중심의 생태 시스템과 복원 사업, 개발, 관광 중심의 사회 시스템에 대해 인과순환지도를 바탕으로 분석하고 그린 인프라스트럭처의 도입 방안을 제시하고자 했다. 본 연구의 결과로 첫째, 모래 유실의 생태 시스템은 개발로 인한 식물의 감소, 기후변화로 인한 해수면 상승 등의 요인이 복합적으로 작용하여 발생한다. 둘째, 관리 및 관광 차원의 사회 시스템은 모래복원 사업 과정에서의 지속적인 비용 투입 및 주변지역에의 피해 양상이 나타났다. 마지막으로 그린 인프라스트럭처 도입을 위한 전략지점에는 해운대구 지역의 식재 계획과 모래복원 사업의 지점이 도출되었다. 본 연구의 결과는 모래 유실로 인한 해운대구 지역의 문제에 대해 시스템적인 분석을 바탕으로 지속가능한 관리를 위해 그린 인프라스트럭처와 같은 자연기반 해법 도입의 방향성을 제시했다는 점에서 의의가 있다. 이는 부산 해운대구 지역에서 모래 유실에 대응하고 지속가능한 개발 및 관광을 유지하기 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구는 전체 연구의 계획상에서 첫 번째 단계로, 향후 연구에서는 본 연구의 분석을 바탕으로 정량적인 데이터를 구축하고 시뮬레이션 모델을 통해 타당성 있는 해운대구 지역의 변화를 제시함으로써 해운대구의 모래 유실과 개발, 관광 관련 정책의 기반 자료로 제공될 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 국립공원관리공단(2007) 태안해안국립공원 해안사구 훼손지 복원사업 추진 보고서.
2. 김도훈, 문태훈, 김동환(1999) 시스템 다이내믹스. 서울: 대영문화사.
3. 김성환, 서종철, 박경(2008) 수문과 지형 특성에 의한 신두리 해안사구 습지의 유형 분류. 한국지형학회지 15(3): 107-118.
4. 김오석, 이영준(2019) 해안선 훼손으로 본 연안지역에 누적된 환경영향 현황 분석. 한국지역지리학회지 25(1): 163-177.
5. 김종덕, 장원근, 육근형(2006) 모래해안의 지속가능한 이용방안. 대한지리학회회 학술대회논문집: 145-148.
6. 김종범, 김종규, 강태순(2021) 파랑특성을 고려한 해운대 해수욕장의 해변면적 변화에 관한 연구. 해양환경안전학회지 27(2): 324-339.
7. 김현주, 백인성, 신승원, 조형성, 하수진, 임현수, 김진섭, 손문, 강가령(2019) 해운대: 부산국가지질공원의 세계화를 위한 새로운 지질명소. 대한지질학회 학술대회 405-405.
8. 김철, 강무중, 김성민(2017) 시멘트 매트리스 설치 시, 해안침식, 해변모래유실 및 항만바닥 파손 방지 효과분석. 한국연안방재학회 학술발표대회 논문집: 71-72.
9. 석영선, 한정우, 김보경, 전진형(2022) 부산 해안지역의 리질리언스 향상을 위한 생태관광 자원 관리방안. 한국관광학회 국제학술발표대회집 92: 1047-1052.
10. 송기환, 최윤의, 전진형(2019) 농업활동으로 인해 훼손된 농촌경관의 생태적 복원방안 연구. 휴양 및 경관연구 13(1): 13-20.
11. 송현우, 이종우, 권성민, 이태형, 오영탁(2020) 친환경 투수 콘크리트 바이오 블록의 개발. 해상운송학 44(4): 305-311.
12. 엄진아, 최종국, 유주형, 원중선(2010) 위성영상 및 항공사진을 이용한 해안선 변화 모니터링: 울진군 죽변면 연안을 대상으로. 대한원격탐사학회지 26(5): 571-580.
13. 이세진(2022) 동해안 해안침식, 과학기술과 환경윤리-속초지역을 중심으로. 환경철학 34(-): 77-111.
14. 이희준(2015) 해운대 연안모래이동의 계절적 특성. International Workshop on Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone and Sustainable Development: 41-41.