

복합재난에 대한 도시 시스템 회복력 향상을 위한 그린웨이 효용성 분석[†]

- 집중호우에 대한 사전 예방 및 사후 대응을 중심으로 -

김보경*, 문태현**, 전진형***

*고려대학교 일반대학원 환경생태공학과 석사과정, **고려대학교 일반대학원 환경생태공학과 석사, ***고려대학교 환경생태공학부 교수

1. 서론

복합재난은 도시 시스템의 기술 복잡성과 상호의존성으로 인해 자연재난과 사회재난이 발생했을 때 피해가 연쇄적으로 확산되는 것을 의미한다(신상영과 김상균, 2020; 김태훈과 윤준희, 2018; 오윤경, 2013; Cruz et al., 2006). 특히 집중호우는 발생 빈도가 잦고(김태훈과 윤준희, 2018), 침수와 우수 유출과 같은 폭우에 의한 직접적 피해, 시설물 기반 붕괴, 도시 기반 체계 마비 등에 영향을 주는 복합재난의 한 종류이다(김우식 외, 2022). 도시 회복력 향상 전략으로 제시되는 그린 인프라스트럭처 중 그린웨이(greenway)는 집중호우 시 침수 예방, 우수 유출 관리와 빗물 재활용 기능을 통해 재난에 대한 피해를 예방 및 대응한다(Lee et al., 2018; Seo et al., 2017; Kim et al., 2011). 또한 그린웨이는 지역 간 능동적인 교통 환경을 제공하는 녹색 네트워크로, 재난 시 도시 시스템의 신속한 복구와 대응을 할 수 있는 잠재적 피난경로망 역할을 한다(Jeong et al., 2021; Strusińska-Correia, 2017; Keating, 2016; 이정아와 김재정, 2010; Fields, 2009). 그러므로 복합재난으로 발생하는 연쇄적인 피해를 예방하고 이에 사후 대응할 수 있는 전략으로서 그린웨이의 기능에 대한 다각적 분석이 필요하다. 시스템의 구조와 피드백 관계를 규명할 수 있는 인과순환지도는, 복합재난으로 인한 연쇄적 피해가 발생하는 도시 시스템의 구조와 그린웨이의 기능을 대입하였을 때 이어지는 그린웨이의 효능 흐름을 파악하는데 적합한 연구방법이다. 따라서 본 연구는 복합재난인 집중호우로 발생하는 연쇄적 피해에 대한 도시 회복력 강화를 위해 사전 예방 및 사후 대응 전략으로 그린웨이의 효용성을 인과순환지도로 분석하는 것이다.

2. 연구방법

선행연구를 통해 공통적으로 도시 시스템을 주요하게 구성하는 요소들을 파악하였다. 다음으로 선정한 도시 시스템 구성요소들 중 유사한 요소들을 분류해 핵심 구성요소로 묶어 도시 시스템 구조를 조직했다. 조직된 도시 시스템 구조를 기반으로 집중호우, 그린웨이와 관련된 변수들을 문헌과 자료를 통해 수집하였다. 이를 바탕으로 첫째, 복합재난이 일어난 도시 시스템의 동태를 파악하여 인과순환지도를 작성했다. 둘째, 복합재난이 일어난 도시 시스템에 그린웨이와 관련된 변수들을 도입하여 동태의 변화를 분석했다. 설정한 두 가지의 인과순환지도를 통해 복합재난이 발생한 도시 시스템과 그린웨이 사이에 형성된 인과순환관계 피드백을 확인할 수 있었다. 형성된 피드백을 분석하여 그린웨이가 복합재난에 대한 도시 시스템의 피해를 사전 예방과 사후 대응을 할 수 있는 효용성을 도출할 수 있었다.

3. 결과

연구결과, 조직한 도시 시스템의 구조를 통해 도시 시스템의 핵심 구성요소 간 복잡하게 얽혀있는 관계들을 확인할 수 있었다. 특히 수질정화와 이동성, 커뮤니케이션과 같은 특성은 기술을 통한 상호의존도가 높은 구조를 지닐수록 복합재난에 취약할 가능성이 높았다. 복합재난 중 집중호우로 인한 도시 시스템의 연쇄적 피해를 발생시키는 것을 파악했으며, 그린웨이를 통해 이러한 연쇄적인 피해 확산이 영향을 받는 것을 확인했다. 그린웨이 시스템의 변수들을 ‘물길’, ‘수질정화’, ‘녹지공간’, ‘교통 공간’ 등으로 선정하여 복합재난이 발생한 도시 시스템 구조와의 관계를 확인했다. 다음으로 복합재난이 발생한 도시 시스템 내 그린웨이와 관련된 주요 변수들을 대상으로 인과순환지도를 작성한 결과, 그린웨이 시스템의 변수들이 복합재난이 발생한 도시 시스템과 피드백 관계를 형성하고 있는 것을 확인했다. 이를 통해 집중호우로 인한 도시 시스템의 회복력의 저하를 야기하는 피드백 구조를 분석해 사전 예방과 사후 대응을 할 수 있는 그린웨이의 효용성을 도출했다.

4. 결론 및 시사점

본 연구에서 그린웨이가 복합재난 피해로 인한 도시 시스템의 회복력 향상 효용성이 있다는 것을 인과순환지도를 통해 확인했다. 연쇄적 피해 확산을 저감하는 그린웨이의 다각적인 혜택을 인과순환지도를 통해 증명했다는 것은 의미가 있다. 연구 결과는 그린웨이가 집중호우로 인한 직접적인 도시 시스템의 피해와 더불어 연쇄적으로 확산되는 부차적 피해 영향을 감소시키고 신속한 복구가 이뤄질 수 있도록 작동하는 점을 규명하였다. 이는 그린웨이의 방재 기능과 빗물 재활용을 통한 수자원 보충, 능동적 교통 공간 등의 기능은 도시 회복력을 지원 및 협력할 수 있는 자원으로서 향후 도시계획과 정책 수립

[†]본 논문은 고려대학교 OJERI(OJEong Resilience Institute) 연구비에 의하여 수행되었음.

과정을 지원하는 기초 근거자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다. 추후 연구에서는 행정 동 단위별 세부 지역에 대입해 그린웨이의 효용성을 정량적 가치로 측정하여 시뮬레이션으로 입증하거나 시나리오를 구축하는 방법으로서 그린웨이 기능의 실질적 효용 가치를 확인할 수 있는 연구가 필요하다.

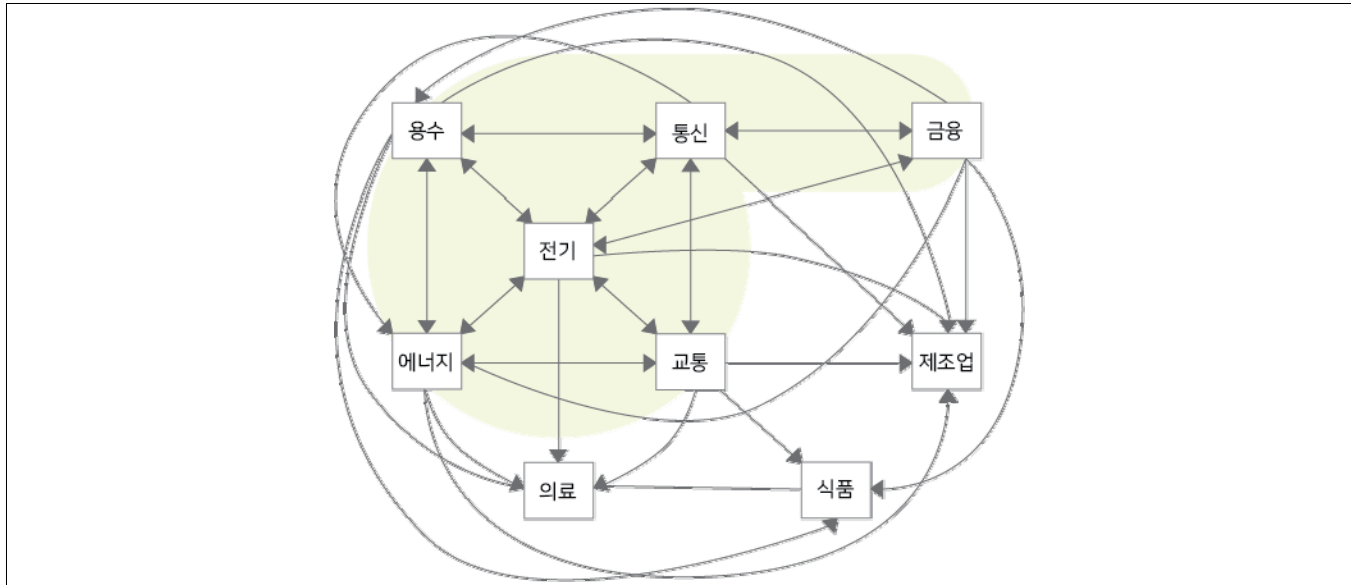


Figure 1. 도시 시스템구조 다이어그램
(출처: Gallotti, 2021; 신상영과 김상균, 2020)

참고문헌

1. 김우식, 윤동근, 최연우, 홍유정(2022) 네트워크 분석을 활용한 국내-외 복합재난 연구 동향 분석. 18(4): 908-921.
2. 김태훈, 윤준희(2018) 대형복합재난의 효율적 관리를 위한 제도개선방안 연구. 19(5): 176-183.
3. 신상영, 김상균(2020) 신종 대형 도시재난 전망과 정책방향. 정책리포트 (301): 1-20.
4. 오윤경(2013) Natech 재난관리방안 연구. 기본연구과제. pp. 1-253.
5. 이정아, 김재정(2010) 랜드스케이프 어바니즘 관점에서 바라본 그린웨이의 개념적 해석. Landscape and Urban Planning. 4(2): 33-46.
6. Cruz, M. A., J. L. Steinberg and L. A. Vetere-Arellano(2006) Emerging issues for natech disaster risk management in Europe. Journal of Risk Research 9(5): 483-501.
7. Fields, B.(2009) From green dots to greenways: Planning in the age of climate change in post-Katrina New Orleans. Journal of Urban Design 14(3): 325-344.
8. Gallotti, R., P. Sacco and M. De Domenico(2021) Complex urban systems: Challenges and integrated solutions for the sustainability and resilience of cities. Complexity 2021: 1-15.
9. Jeong, D., M. Kim, K. Song and J. Lee(2021) Planning a green infrastructure network to integrate potential evacuation routes and the urban green space in a coastal city: The case study of haeundae district, Busan, South Korea. Science of The Total Environment 761.
10. Keating, A., K. Venkateswaran, M. Szoenyi, K. MacClune and R. Mechler(2016) From event analysis to global lessons: Disaster forensics for building resilience. Natural Hazards and Earth System Sciences 16(7): 1603-1616.
11. Kim, D., S. H. Lee and S. Im(2011) Analysis of the effect of tree roots on soil reinforcement considering its spatial distribution. Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology 14(4): 41-54.
12. Lee, H., S. You, S. Park and J. Chon(2018) A study on categories of green infrastructures to enhance urban resilience. Journal of Korea Planning Association 53(1): 215-235.
13. Seo, Y., J. Hwang and Y. Kwon(2017) Evaluation of green infrastructure on peak flow mitigation focusing on the connectivity of impervious areas. In AGU Fall Meeting Abstracts Vol. 2017. pp. NG31B-0177.
14. Strusińska-Correia, A.(2017) Tsunami mitigation in Japan after the 2011 Tōhoku Tsunami. International Journal of Disaster Risk Reduction 22: 397-411.