

시스템 사고를 활용한 맹그로브 지역의 갈등 분석 및 지속가능한 관리 방안 제시[†]

태미경*, 이지구**, 전진형***

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

1. 서론

해안 조간대에 적응한 열대우림의 한 종류인 맹그로브 숲은 어부들이 생계를 유지하는 삶의 터전임과 동시에 홍수 방지, 탄소 저장 등의 생태학적 가치를 제공한다. 하지만 베트남의 경우 원주민들이 맹그로브 숲을 파괴한 부지를 농업, 양식업 및 관광업으로 전환하여 생계를 유지함에 따라 맹그로브 숲의 파괴가 필수불가결적으로 이루어지고 있다(Romañach et al., 2018). 반면 환경단체들은 국제적으로 인증받고 있는 블루카본 중 하나인 맹그로브 숲의 생태적 가치에 주목하며 파괴가 아닌 보전과 복원을 주장하고 있다 (Sidik, 2023).

맹그로브 숲을 둘러싼 지역 주민들과 환경단체 사이의 상충되는 trade off를 완화하기 위해서는 맹그로브 숲의 훼손을 최소화하면서 지역 주민들의 생계가 유지되어야 하므로 적절한 개입과 관리를 통해 생태계 서비스를 향상시키는 것이 필요하다(Badola et al., 2012). 따라서 본 연구는 베트남 지역의 맹그로브 숲의 개발과 보전을 둘러싼 갈등 양상을 시스템 사고를 통해 분석하고 맹그로브 숲의 생태계 서비스를 향상시킬 수 있는 지속가능한 관리 방안을 제시하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 연구의 범위

맹그로브 숲은 같은 면적의 산림에 비해 탄소 저장량이 3-5배에 달하는 블루카본으로 그 가치가 높게 평가되고 있다(IPCC, 2001). 그중 베트남은 맹그로브 면적이 전 세계에서 세 번째로 많은 나라인데 반해 다른 나라에 비해 맹그로브 숲에 대한 연구 현황이 미미한 실정이며, 인구의 증가와 농업, 어업 및 양식업의 확대로 인해 대규모로 파괴되고 있어 생태적 가치가 훼손되고 있다(Bhowmik et al., 2011). 본 연구는 맹그로브 숲을 둘러싼 갈등 구조 중 농업과 어업·양식업으로 대표되는 사회 시스템과 생태계 현황에 초점을 둔 생태 시스템을 중심으로 현상을 분석하였다.

2.2 인과순환지도

인과순환지도는 시스템 사고를 바탕으로 변수 간의 인과관계를 연결하여 복잡한 시스템 구조를 매핑하는 연구 방법이다(Dianat et al., 2021). 피드백을 갖는 시스템을 표현하는 인과순환지도는 변수와 화살표로 구성되며, 극성을 사용함으로써 변수들의 복잡한 인과관계를 직관적으로 인지하고 해결한다. 또한 인과순환지도 내의 강화 루프는 시스템이 동일한 방향으로 전개되는 피드백 구조를, 균형 루프는 시스템이 안정 상태로 수렴하는 구조를 의미한다 (정재운과 김현수, 2007). 인과순환지도 작성을 위해 맹그로브 숲의 파괴 면적과 주민들의 생계 유지 현황을 중심으로 논문을 수집하여 주요 변수를 도출하였으며, 도출된 변수 간의 인과관계를 파악하여 극성을 활용해 인과순환지도를 표현하였다. 최종적으로 맹그로브 숲의 시스템 내에서 생태계의 활용과 보전이 절충될 수 있는 전략지점을 도출하였다.

3. 연구결과

3.1 맹그로브 숲의 사회 시스템

베트남 맹그로브 숲의 사회 시스템에서는 맹그로브 파괴 면적, 인구, 도시의 시가화 면적, 어업·양식업의 확대 등이 주요 변수로 도출되었다. 이를 바탕으로 새로운 농업용 부지에 대한 수요와 맹그로브 파괴 면적 사이의 균형 루프와 양식장 건설과 맹그로브 파괴 면적 사이의 균형 루프가 도출되었다.

3.2 맹그로브 숲의 생태계 시스템

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

맹그로브 숲의 생태 시스템은 생물다양성, 숲의 구조 복잡성, 탄소 흡수량 등의 변수로 구성되었으며 맹그로브 숲의 면적과 생물다양성 사이의 강화 루프가, 기후변화와의 균형 루프가 도출되었다.

3.3 통합 순환인과지도

선행단계에서 작성한 인과순환지도를 통합하여 맹그로브 숲의 사회생태시스템을 고찰하였다. 사회 시스템과 생태시스템의 trade off를 해소할 수 있는 전략지점으로 맹그로브 숲의 파괴 면적 조절이 도출되었다. 베트남 블루카본의 기후완화 잠재력은 1ha당 990\$의 가치를 지니고 있으므로 숲의 파괴 면적을 조절하게 된다면 기존의 대상지에서 양식 및 어업, 농업을 진행했을 때 나오는 편익 가치보다 블루카본의 경제적인 부가가치가 더 높은 것으로 추정된다(Zeng et al., 2021). 이러한 점을 바탕으로 맹그로브 숲의 파괴 면적을 최소화하면서 원주민의 생계유지가 가능하도록 하는 관리 방법으로 생태 관광을 제시할 수 있다. 생태 관광은 생태적이고 전략적인 설계를 통해 숲의 무분별한 개발 및 파괴 면적을 억제함과 동시에 맹그로브 숲을 이용하는 원주민에게 새로운 일자리를 제공한다. 생태 관광이 도입되면 사회 시스템의 새로운 양식장 건설 면적과 배출되는 독성 물질의 양이 감소하게 되고, 생태계 시스템에서의 탄소 격리량과 동식물의 서식지 면적이 증가함에 따라 기존의 피드백 구조에 변화가 생기며, 원만한 생계 유지와 더불어 맹그로브의 생태적 가치가 유지되어 맹그로브 숲의 사회생태시스템이 회복될 수 있게 된다.

4. 결론

본 연구는 다양한 사회생태적 요소가 개입되어 복잡한 갈등이 발생하고 있는 맹그로브 숲에 대한 지속가능한 관리방안을 도출하기 위해 맹그로브의 사회 시스템과 생태 시스템을 중심으로 인과구조를 분석하였다. 생태관광은 갈등을 해소해 원주민의 생계 유지와 더불어 맹그로브의 생태적 가치가 유지될 수 있도록 하여 지속가능성을 향상시킬 수 있도록 한다. 본 연구는 추후 베트남의 생태관광 도입에 대한 당위성을 구조적으로 마련하였다는 점에서 의의가 있다.

참고문헌

1. 정재운, 김현수(2007) 인과지도의 타당성 확보와 정보 표현력 향상을 위한 이론적 고찰. 한국시스템다이내믹스연구 8(1): 97-115.
2. Badola, R., S. Barthwal and S. A Hussain(2012) Attitudes of local communities towards conservation of mangrove forests: A case study from the east coast of India. Estuarine, Coastal and Shelf Science 96: 188-196.
3. Bhowmik, A. K., R. Padmanaban, P. Cabral and M. M Romeiras(2022) Global mangrove deforestation and its interacting social-ecological drivers: A systematic review and synthesis. Sustainability 14(8): 4433.
4. Dianat, H., S. Wilkinson, P. Williams and H. Khatibi(2021) Planning the resilient city: Investigations into using “causal loop diagram” in combination with “UNISDR scorecard” for making cities more resilient. Int J Disast Risk Re 65: 102561. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102561>
5. Romañach, S. S., D. L. DeAngelis, H. L. Koh, Y. Li, S. Y. Teh, R. S. R. Barizan and L. Zhai(2018) Conservation and restoration of mangroves: Global status, perspectives, and prognosis. Ocean & Coastal Management 154: 72-82.
6. Sidik, F., A. Lawrence, T. Wagey, F. Zanzani and C. E. Lovelock(2023) Blue carbon: A new paradigm of mangrove conservation and management in Indonesia. Marine Policy 147: 105388.
7. Zeng, Y., D. A. Friess, T. V. Sarira, K. Siman, and L. P. Koh(2021). Global potential and limits of mangrove blue carbon for climate change mitigation. Current Biology 31(8): 1737-1743.