

# 기후변화 대응을 위한 하천생태계 복원력 평가지표 개발<sup>†</sup>

박유진\* · 이정아\*\* · 박세린\*\*\* · 이상우\*\*

\*건국대학교 대학원 산림조경학과 석사과정 · \*\*건국대학교 산림조경학과 · \*\*\*건국대학교 대학원 산림조경학과 박사과정

## I. 서론

기후변화에 따른 하천에서의 강수량과 기온의 변화는 유량과 수온 변동에 직접적인 영향을 미치며, 강우 강도 증가로 인한 수질악화, 가뭄으로 인한 수생식물의 서식처 감소 등 하천생태계에 물리적, 화학적, 생물학적 교란을 초래한다(이건행, 2012; 이재경, 2012). 나아가, 하천생태계의 다양한 교란은 하천생태계를 포함하는 지역생태계의 사회생태 시스템에도 영향을 미친다. 이와 관련한 선행연구를 살펴보면, 폭우, 가뭄, 태풍, 폭염과 같은 극단적 기상현상의 발생 빈도와 강도의 증가로 기후변화에 따른 영향력을 평가하기 위한 평가 지표나 방법의 개발, 그리고 기후변화로 야기된 지역생태계의 사회생태 시스템 적응력 및 복원력 향상 방안 등에 대한 연구들이 진행되어 왔다(Thompson, 2009; Beatley, 2012; MOE, NIER, 2012; KEI, 2016). 특히, 하천생태계, 즉, 물관리 분야에서 기후변화의 영향에 관한 연구들은 대부분 수자원 부문과 피해 예방에 초점이 맞춰져 있으며(김영규 등, 2012), 상대적으로 수질이나 수생태계 등 하천생태계 부문에 미치는 영향에 관한 연구는 아직 초보적인 단계에 머물고 있다(KEI, 2010; 김영규 등, 2012). 따라서 본 연구에서는 하천생태계, 극단적 기상현상, 복원력에 대한 논리적 배경 및 상호관계를 규명하고, 극단적 기상현상(폭염, 폭우, 가뭄)에 대응하기 위해, 하천생태계 복원력을 평가하기 위한 표를 개발하고자 한다.

## II. 연구방법

하천생태계, 극단적 기상현상, 복원력에 대한 논리적 배경과 상호관계를 규명하고, 문헌고찰 및 사례연구를 활용하여 하천생태계에 영향을 줄 수 있는 다양한 환경 요인을 도출하여 대리변수로 선정하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 하천생태계, 극단적 기상현상, 복원력의 상호관계 규명

하천생태계는 식물, 동물과 미생물 간의 생물적 상호작용뿐만 아니라, 물리, 화학의 비 생물적인 상호작용을 포함하는 개념이다(Campbel and Neil, 1997; Angelier, 2003). 복원력(resilience)은 '안정적인 상태의 생태계가 다양한 교란에서 최대한 적은 피해를 보고, 신속히 원래 상태로 회복하거나 변화에 적응하는 능력'이라고 정의한다(Holling, 1973). 따라서 하천생태계에서 복원력은 기후변화로 인한 교란을 흡수할 수 있는 능력 또는 스스로 재구조화하여 현 상태를 그대로 지속하거나, 새로운 안정된 다른 상태로 전환할 수 있는 능력으로 정의할 수 있다(Randhir, 2014). Korea Meteorological Administration(2012)의 연구에서는 극단적 기상현상을 기준에 관측된 기상, 기후요소 변동범위가 상한, 하한 기준값보다 높거나 낮은 상태로 정의하였다. 따라서 폭우, 가뭄, 홍수, 폭염과 같은 극단적 기상현상에 따른 변화는 하천생태계를 교란하며, 하천생태계는 복원력을 통해 교란을 흡수하고 재구조화하여 현 상태를 그대로 지속하거나 회복하며 변화에 적응할 수 있는 것으로 볼 수 있다.

### 2. 하천생태계 복원력 평가지표 개발

본 연구에서는 하천생태계 복원력 평가지표를 개발하기 위해 IPCC(2001), UNDP(2005)에 따른 기후변화 취약성의 개념적 틀을 적용하였다. 기후변화 취약성은 일반적으로 민감도, 기후노출, 적응능력의 함수로 정의되며, 기후변화 노출에 대한 하천생태계의 민감도와 적응능력에 따라 최종 취약성이 결정된다. 하천생태계에 영향을 미치는 극단적 기상현상은 폭염, 폭우, 가뭄으로 한정하였다(Table 1 참조).

## IV. 결론

본 연구는 문헌고찰 및 사례분석을 통해 하천생태계와 극단적 기상현상, 복원력의 의미를 살펴보고 상호관계를 규명하고, 극단적 기상현상에 대한 하천생태계 복원력 평가지표를 개발하여 제시하였다. 본 연구에서 개발된 평가지표는 적절한 평가지표와 가중치를 도출하였더라도 기후변화의 영향은 공간에 따라

<sup>†</sup>: 이 논문은 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 대학혁신지원사업의 연구결과임(No. 2019R1F1A1063823).

이 논문은 건국대학교 KU연구전임 프로그램에 의해서 수행된 과제임.

표 1. 하천생태계 복원력 평가지표

구분		대리변수	기능적 관계
민감도 (Sensitivity)	유역	유역경사도	유역경사도 ↑ 민감도 ↑
		유출계수	유출계수 ↑ 민감도 ↑
		홍수위험지역	홍수위험지역 ↑ 민감도 ↑
		인구밀도	인구밀도 ↑ 민감도 ↑
		유역면적	면적 ↑ 민감도 ↑
	하천	수온	수온 ↑ 민감도 ↑
		유량	유량 ↓ 민감도 ↑
		유속	유속 ↓ 민감도 ↑
		체류시간	체류시간 ↑ 민감도 ↑
		하천면적 비율	면적 ↑ 민감도 ↑
	서식지	종다양성	종다양성 ↑ 민감도 ↑
		수변식생	수변식생 ↓ 민감도 ↑
		외래종 유입	외래종 유입 ↑ 민감도 ↑
기후노출 (Climate exposure)	홍수(강우량 80mm 이상인 날의 수)	일수 ↑ 기후노출 ↑	
	가뭄(무강우 일수)	일수 ↑ 기후노출 ↑	
	기온상승(열대야 일수)	일수 ↑ 기후노출 ↑	
적응능력 (Adaptive capacity)	하천개수율	하천개수율 ↑ 적응능력 ↑	
	유역면적	유역면적 ↓ 적응능력 ↑	
	상수도 보급률	상수도 보급률 ↑ 적응능력 ↑	
	하수도 보급률	하수도 보급률 ↑ 적응능력 ↑	

자료: 정지용 등, 2008: 21-30; 배덕효와 이문환, 2010: 20-31; 고재경과 김희선, 2010: 1-192; 명수정, 2011: 57-62; Balica *et al.*, 2009: 2571-2580; Alam *et al.*, 2017: 23-32. 등 필자 제작

다르므로 효과적인 기후변화 대응을 위해 지역적 특성을 고려한 연구가 향후 수행되어야 할 것으로 판단된다.

### 참고문헌

1. 고재경과 김희선(2009) 경기도 기후변화 취약성 평가 연구. 정책연구(2009): 1-1.
2. 김영규 외(2012) 기후변화에 따른 우리나라 물 관리의 취약성 평가. 한국기후변화학회지 3(1): 1-12.
3. 기상청(2012) 기후변화 적응을 위한 극한현상 및 재해위험 관리 (정부 발간물등록번호 11-1360000-00858-14). IPCC 특별보고서 번역본.
4. 명수정(2011) 공간분석을 활용한 기후변화 취약성 평가. 한국수자원학회지 44(2): 57-62.
5. 배덕효와 이문환(2010) 기후변화에 따른 홍수취약성 평가와 사례분석. 국토(2010): 20-31.
6. 이진행 외(2012) 대리변수를 이용한 한반도 수질 및 수생태계 부문의 기후변화 취약성 평가. 한국물환경학회지 28(3): 444-452.
7. 이재경 외(2012) 한반도 수자원분야 기후변화 연구 동향 분석. 한국기후변화학회지 3(1): 71-88.
8. 정지용 외(2010) 수자원 기후변화 취약성 평가모형의 공간 및 유역규모별 적용 연구. 한국기후변화학회지 1(1): 21-30.
9. 한국환경정책평가연구원(2010) 기후변화 대응을 위한 수질 제어 및 관리방안 I. 녹색성장연구보고서.
10. 한국환경정책평가연구원(2016) 기후환경 대응역량 평가체계 구축. 사업보고서.
11. 환경부와 국립환경과학원(2012) 지자체 기후변화 적응 세부시행계획 수립 지원을 위한 기후변화 부문별 취약성 지도-총괄/요약보고서. 환경부 보고서.
12. Alam, G. M., K. Alam, S. Mushtaq, and M. L. Clarke(2017). Vulnerability to climatic change in riparian char and river-bank households in Bangladesh: Implication for policy, livelihoods and social development. *Ecological Indicators* 72: 23-32.
13. Angelier, E.(2003) *Ecology of Streams and Rivers*, CRC Press.
14. Balica, S. F., N. Douben, and N. G. Wright(2009) Flood vulnerability indices at varying spatial scales. *Water Science and Technology* 60(10): 2571-2580.
15. Beatley, T.(2012) *Planning for Coastal Resilience: Best Practices for Calamitous Times*: Island Press.
16. Campbell, A., Neil, L. G. Mitchell, J. B. Reece, and J. Bishop(1997) *Biology: Concepts & Connections*, No. QH308. 2 C35 1996, Menlo Park, Calif.: Benjamin Cummings.
17. Holling C., S(1973) Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4(1): 1-23.
18. IPCC(2001) *Climate Change 2001: Impacts, Adatation, and Vulnerability: Contribution of Working Group II to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
19. Randhir T. O.(2014) Resilience of watershed systems to climate change. *Journal of Earth Science Climate Change*, 5:109.
20. Thompson, I., B. Mackey, S. McNulty, and A. Mosseler(2009) Forest resilience, biodiversity, and climate change. In *Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Technical Series no. 43*.
21. UNDP(2005) *Adatation Policy Frameworks for Climate Change: Developing Strategies, Policies and Measrues*. Cambridge Unibersity Press.