

기후변화에 대응하는 그린인프라 시설의 유지관리시기 산정 및 경제성 분석*

김재경* · 강준석** · 황순호*** · 김재현**** · 안동환*****

*서울대학교 대학원 협동과정 조경학전공 박사과정 · **서울대학교 농업생명과학대학 조경·지역시스템공학부 부교수 ·
서울대학교 농업생명과학연구원 · *한국농촌경제연구원 연구원 · *****서울대학교 농업·자원경제학전공 정교수

I. 서론

미래에 예상되는 극한 강우는 도심지역에 큰 피해를 발생시킬 것으로 예상된다. IPCC 5차 보고서에 의거, 기상청에서는 한반도를 대상으로 RCP 시나리오를 규정하고 있다. RCP 시나리오에는 강수량의 변화도 포함되는데, 이는 총 네 단계로 이루어지며, RCP 시나리오 8.5 단계에서는 CO₂가 940ppm까지 상승할 것으로 예측한다. 이로 인한 강수량 증가와 피해가 예상된다.

서울특별시 등 도시는 불투수성 포장면으로 인한 피해가 예상된다. 피해 감소 방안으로 제시되는 것이 조경학적 물순환체계의 개선 및 그린인프라 시설의 도입이다. 도심지 내에 설치 가능한 그린인프라 기술소로는 '생태수로', '빗물 저류조', '투수성 포장' 등의 방법이 제안되고 있다.

빗물 저류조의 경우, 규모 설계 기준이 환경부 법령 및 서울특별시 보고서 등으로 규정되어 있는데, 집수면적에 0.05m를 곱하거나, 대지면적에 0.02m를 곱하는 것을 규정한다. 투수성 포장과 생태수로는 기준이 법령으로 명시되어 있지는 않지만, 아산탕정시 등 신도시의 설계 보고서에 명시된 사례를 토대로 각 도시에 적합한 기술을 사용한다.

이에, 본 연구에서는 서울 내에 홍수 영향면적을 산정하고, 설치 가능한 저류조의 체적을 계산하였다. 또한, 2100년까지의 기후변화 시나리오 강수량 변화에 근거, 저류조의 저감 효율을 살펴보고, 효율 변화 파악을 위해 저류조 내부에 비점원오염물의 퇴적량 변화·관리 시기를 추정하였다.

II. 본론

1. 연구방법

본 연구의 연구방법은 크게 세 가지로 구분된다. 첫 번째는 홍수 영향면적(watershed)과 저류조 설치가능 체적을 산정하였으며, 두 번째는 과거자료를 이용하여 현재 상태에서 수용 가능

한 시간당 강수량을 및 저류조 설치시의 효율을 산정한다. 마지막으로 RCP 시나리오에 의거 2100년까지 비점원오염물의 퇴적량 및 내부 관리시기를 산정한다. 또한, 이를 활용한 경제성 평가를 실시하여 지자체에서 의사결정시 제공 가능한 데이터를 생성한다.

1) 영향면적(Watershed) 및 저류조 부피 산정

영향면적의 산정을 위해서 ARC GIS의 Arc Hydro Plug-in을 사용하였다. 기본 DEM을 활용하여 Prfill DEM → Fill Sink → FillAll → Flow Direction → Flow Accumulation → Catchment → Drainage Line → Watershed 순서로 구축하였다(Figure 1 참조).

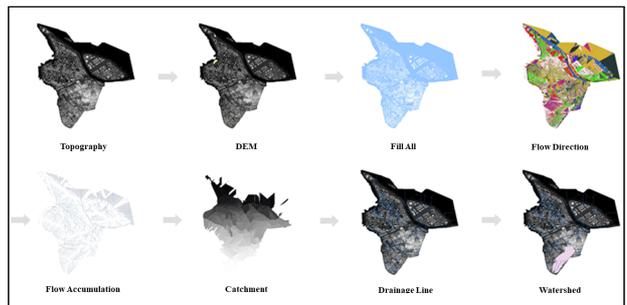


Figure 1. 수문학 분석 방법
Source: Kim and Kang(2021)

사용된 그린인프라 기술의 부피 산정을 위해서 식 (1)~(3)과 같은 식을 사용하였다(Kim *et al.* 2021).

$$C_w = A_b \cdot 0.05 \quad (1)$$

여기서 C_w 는 저류조의 용량(m³) A_b 는 watershed 내 빌딩면적(m²)을 뜻한다.

*: 본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 생태계 건강성 증진사업의 지원을 받아 연구되었습니다. (2020002770002)

$$C_p = (L_m + L_b) \cdot 0.296 \cdot 2 \quad (2)$$

여기서 C_p 는 투수성 포장의 용량 (m^3); L_m 은 중로(4차선 이상 6차선 이하)의 길이 (m); L_b 는 광로(6차선 이상)의 길이 (m)를 뜻한다.

$$C_e = L_b \cdot 0.5375 \cdot 2 \quad (3)$$

여기서 C_e 는 생태수로의 길이를 뜻한다.

2) 시간당 수용 가능 강수량 및 저류조 설치 효율 산정

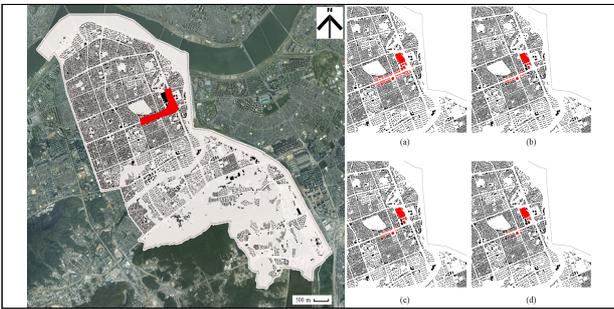


Figure 2. 그린인프라 기술 설치 시 침수 감소 면적 (Kim and Kang, 2021)

시간당 수용 가능 강수량 산정을 위해 방재기상관측 자료를 이용하여 강수량 정보를 식 (5)와 같이 산정하였다.

$$C_a = (M_f + M_{nf})/2 \quad (5)$$

여기서 C_a 는 시간당 수용 강수량을 뜻하며, M_f 는 침수피해 발생 시 최소 시간당 강수량, M_{nf} 는 침수피해가 없을 때 최대 시간당 강수량을 뜻한다. 이를 이용하여 유출(run-off)량을 계산식이 아래와 같이 도출되었다.

$$Q_r = (R - C_a) A_b \quad (6)$$

여기서 Q_r 은 지표 위로 유출되는 양을 뜻하며, R 은 시간당 강수량을 뜻한다(최영훈 *et al.*, 2018).

3) 비점원오염물 퇴적량 산정 및 저류조 내부 관리시기

한 강우당 퇴적되는 비점원오염물의 체적을 산정하기 위해 MOUSE 공식을 이용하였다(이재수, 박무중, 2006). 체적 산정을 위해서 비점원 오염물의 밀도는 $0.235t/m^3$ 로 가정하였다.

$$V_{TS} = 2.9289A^{0.747} P^{0.009} T^{0.855}/235 \quad (5)$$

여기서 V_{TS} 는 강우별 퇴적량의 체적(m^3), P 는 시간당 강수량 (mm/hr), T 는 지속시간이다.

2. 연구결과

2100년까지 축적될 비점원오염물의 양이 저류조 총 용량의 50% 이상을 차지했을 때를 유지관리 시기로 가정하고 있다. 종로구의 경우 영향면적 내 저류조의 총 용량은 $38,288,07m^3$ 로, 비점원오염물이 $19,144m^3$ 이상 되는 년도를 유지관리 시점으로 산출됐다(Figure 2 참조). RCP 8.5에서는 2037년, RCP 4.5에서는 2039년으로 추정된다.

III. 결론

본 연구를 통해 향후 2100년까지의 비점원오염물의 퇴적량과 이를 이용한 저류조 유지관리시기와 경제성 분석을 도출할 수 있었다. 그 결과, RCP 8.5 단계에서는 2037년, RCP 4.5 단계에서는 2039년이 유지관리 시점으로 도출되었다. 또한, 본 연구에 입각했을 때, 2100년까지 약 3번의 저류조 설치가 필요할 것으로 판단되는데, 이때 소요되는 비용은 1회당 417,690,506,502 원으로 예상된다. 이외에도 투수성 포장의 덧씌우기 및 유지관리 비용은 2,008,186,693 원으로 산정되었다. 본 연구는 추후 지자체에서 그린인프라 기술을 활용한 정책 도입시, 의사결정을 위한 데이터로 제공될 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 이재수, 박무중(2006). "합류식 관거 유지관리를 위한 하수 및 지표면 고형물 부하량 산정", 한국수자원학회지 39(167): 533-544.
2. 최영훈, 전해지, 강준석(2018). "지자체 적용을 위한 도시의 물 재난 적응형 모델 설계", 한국조경학회지 2018(1): 60.
3. Kim, J. K. and J. S. Kang(2021). "Analysis of flood damage in the seoul metropolitan government using climate change scenarios and mitigation technologies." Sustainability 13(1): 1-28.