

# 지속가능한 도시를 위한 입체도로의 그린인프라 전환에 따른 가치 평가

- 분당수서 간 입체도로 상부공원화 사업을 대상으로 -

이은정\*, 김진우\*\*

\*한양대학교 도시대학원 랜드스케이프어바니즘 전공 박사수료, \*\*한양대학교 도시대학원 랜드스케이프어바니즘 전공 조교수

## 1. 서론

최근 학문적으로 지속가능한 발전(sustainable development)의 개념을 기반한 새로운 도시환경이론이 등장하고 있고, 도시계획 및 설계분야에서도 녹색 도시계획, 환경친화적 건축, 지속가능한 교통계획 등의 개념이 사용되고 있다(최병두 외, 2004).

지속가능한 교통계획의 일환으로 국토교통부에서는 2017년 2월 '도로 공간의 입체적 활용을 통한 미래형 도시건설활성화' 대책을 발표하였고, 서울시에 서도 동부간선도로, 서부간선도로 등 주요 간선도로의 지하화 사업이 추진 중이며 경부고속도로에 대한 지하화 및 상부공원화 사업도 논의되고 있다. 도로는 주요한 도시 인프라로서 시가화 면적의 20-30% 정도를 차지하는 필수적인 인프라 시설이지만 도로로 인한 생활권의 단절, 교통안전사고, 소음, 대기오염 등 다양한 문제를 감내하고 있다(지우석, 2017). 도시에 더 이상 가용지가 없는 상황에서 도로와 같은 대규모 교통인프라는 도시를 거듭나게 할 수 있는 훌륭한 자원이 될 수 있으며, 도시는 교통 인프라에서 공원로서의 이러한 전환을 도시 재생을 위한 도구로 사용한다(Mell, 2009).

최근 국내에서 본격적으로 시작된 도로 용복합 개발 정책에서 간선 교통망을 입체화(지하화)하고 지상을 활용함에 있어 녹지공간의 조성은 도시차원에서 그린인프라 구축과 관련이 있다. 도로 입체화에 따른 새로운 녹지공간의 제공은 각종 환경문제 해결 및 도시민에게 다양한 생태계 서비스를 제공함으로써 도시 생태계의 지속 가능성을 유지하는 데 중요한 역할을 한다. 그린인프라에는 다양한 편익이 존재하며(Nowak, 2006), 다기능적 편익 중에는 생물의 다양성 및 서식지보호를 통한 생태 네트워크 기여, 환경의 질 개선과 기후변화의 적응 및 완화의 생태적 기능이 있다(Low Impact Development(LID) Center, 2010).

본 연구의 목적은 입체도로의 그린인프라 전환으로부터 얻게 되는 다기능적 편익에 대하여 생태계 서비스의 정량화 분석을 통해 대기질 혜택을 비롯한 환경문제와 기후변화 대응에 유용한 해결책이 됨을 입증하고, 단절된 커뮤니티 연결 및 사회문화적 혜택을 창출함을 예측함으로써 지속가능한 도시를 위한 새로운 그린인프라의 가능성과 필요성을 확인하는 것이다.

## 2. 연구방법

### 2.1 연구대상지

연구 대상지는 성남시에 위치한 분당-수서 간 고속화도로 입체화 구간으로 그간 교통소음, 분진, 매연 등으로 인해 인근 주민들의 민원이 끊이지 않았던 곳에 도로의 소음을 완벽하게 차단할 수 있도록 지상부 터널을 설치한 장소이다. 도로 입체화 구간(L = 1.59km) 터널상부에 토사를 성토하여 약 83,000㎡ 면적의 자연친화적인 도시공원을 조성한 사례지로 국내에서는 최초로 주민제안에 의해 시작되었다는 데에 의의가 있다.

### 2.2 연구방법

도로 입체화에 따른 그린인프라 구축의 다면적 가치평가를 위해 1단계 생태환경적 가치평가, 2단계 사회문화적 가치평가, 3단계 경제적 가치평가의 단계별 평가를 시행한다. 1단계에서는 생태계서비스를 정량적으로 평가하기 위해 i-Tree Eco(www.itreetools.org)를 사용하여 대기오염물질 제거, 탄소저장 및 격리, 유출방지, 산소발생, 경제적 가치 등의 결과를 도출하였다. 이후 연구되는 2단계 사회문화적 가치평가에는 도로에 의해 단절된 보행동선을 연결함으로써 얻게 될 보행친화도(walkability)를 평가하기 위해 공간구문론(Space Syntax) 분석으로 보행네트워크 변화에 따른 파급효과를 검토하고, 물리적 환경의 변화가 보행자에게 얼마나 친화적인지를 실수요자(거주자)의 주관적 경험과 인식에 기초하여 평가하기 위해 상부공원화 구간 vs 그렇지 않은 구간의 만족도 비교와 전문가 표적 집단 면접법(FGI)을 진행한다. 마지막으로 3단계 경제적 평가에는 생태환경적 분석에 따른 경제적 가치와 함께 토지지가 변동 예측을 통한 부동산 가치상승에의 영향 등을 예측한다.

## 3. 연구결과

분당수서간도로 상부공원에는 3,349그루(26종)가 조성되어, 1ha(10,000㎡)당 770그루의 밀도로 도로 상부를 덮고 있으며, 24,325.7㎡의 엽면적(leaf area)을 제공한다. 이곳의 나무들은 연간 약 85.6t의 탄소를 저장할 수 있고, 14.57t의 총 탄소를 격리하고, 70.446kg의 대기 오염 물질을 제거하고, 112.81㎡의 유출을 완화하는데 도움을 줄 수 있다. 이를 통한 경제적 가치는 약 21,578.2달러로 분석되었다.

### 3.1 대기오염물질 제거 분석

2018년 성남시 분당구의 도로이동오염원의 연간 대기오염물질 배출량(환경부)을 기준으로 연간 평균 총 70,446kg의 대기오염물질 제거가 가능하다. 평균 일산화탄소(CO) 3,783kg, 이산화질소(NO<sub>2</sub>) 15,817kg, 오존(O<sub>3</sub>) 29,683kg, 미세먼지(PM10) 14,757kg, 초미세먼지(PM2.5) 2,247kg, 이산화황(SO<sub>2</sub>) 4,160kg을 제거하는 것으로 산출되었다. 이를 시뮬레이션했을 때 연간 평균 4,521.9달러의 경제적 가치가 발생하는 것으로 환산되며 특히 초미세먼지와 오존의 제거에 가장 큰 이익을 주는 것으로 나타났다(Figure 1 참조). 월별 대기오염물질 제거량을 살펴보면 기온의 상승에 따라 오존의 제거량이 뚜렷하게 증가하고, 미세먼지와 이산화질소는 봄과 초여름에 소폭 증가하는 모습을 보인 반면 그 외 대기오염물질은 월간 변화의 폭이 크지 않은 것을 알 수 있다(Figure 2 참조).

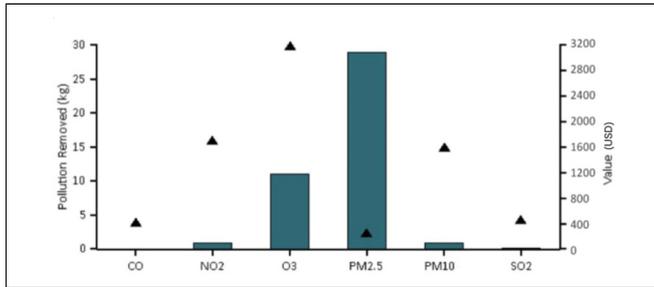


Figure 1. 오염제거량 및 경제적 가치

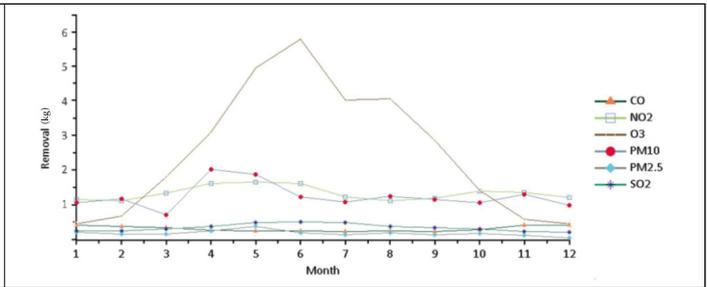


Figure 2. 월간 오염제거

### 3.2 탄소 및 산소 변화량, 수문학적 영향 분석

분당수시간도로 상부공원 내 수목은 총 85.6t의 탄소를 저장하고 있으며 총 14.57t의 탄소를 격리시킨다. 탄소저장에 따른 Equivalent(CO<sub>2</sub>e) 지수는 총 314.0ton/yr, 탄소 격리에 따른 Equivalent(CO<sub>2</sub>e) 지수는 총 53.40ton/yr이다. 또한 연간 35.26t의 산소를 생산할 것으로 산출되었으며 이는 수목에 의한 탄소의 감소와 함께 지구 온난화를 저감하는데 기여할 것으로 보인다. 도로는 도시의 대표적 비점오염원 대상으로 상부공원 수목에 의해 연간 504.87m<sup>3</sup>의 물을 차단하는 것으로 추정되었으며 연간 112.81m<sup>3</sup>의 유출을 완화하는데 도움이 되는 것으로 나타났다.

## 4. 결론 및 향후 연구 과제

국내의 도로건설사업에서는 공원(비시장재화)의 편익추정 예측 방법이 조건부가치추정법(contingent valuation method)에 한정되어 있고 공원의 편익과 생태계 서비스를 정량화하는것에 한계가 있어 초기의 정책결정이나 계획결과 및 설계대안 평가에 어려움이 있었다. 하지만 본 연구에서 진행된 i Tree Eco 모델 분석결과로부터 도로의 입체화에 따른 녹화가 탄소 저장 및 격리, 강수 유출방지, 대기오염물질 제거 등에서 효과가 있으며 지속적 자산가치가 있음을 정량적으로 예측할 수 있게 되었다. 그린인프라에는 생태환경적, 사회문화적, 경제적 관점에서 다양한 편익이 존재하므로 도로로 인해 단절된 도시를 그린웨이로 연결함으로써 보행친화적 도시로의 전환을 통해 도시민의 삶의 질(culture, emotion, health 등)을 향상시키는 효과를 기대할 수 있다.

향후 진행될 연구의 과정으로 사회문화적 가치평가 항목인 보행네트워크 변화 예측, 보행친화도 평가, 전문가 표적 집단 면접법(FGI) 및 잠재적 이용자 설문에 의한 만족도 분석 등 다면적 혜택의 종합 결과로부터 도로의 그린인프라 전환이 지속가능한 도시를 위한 수단이 될 수 있음을 확인할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 예측되는 결과로부터 사업타당성을 확보하고 정책입안자의 의사결정 촉진 및 시행효과를 증진하는 가이드라인을 제공하여 설계 대안 평가 등에 활용될 수 있을 것이다.

도시 내 도로의 입체화와 녹지공간의 제공은 더 이상 가용지가 없는 도시에 새로운 그린인프라를 구축할 수 있는 해결책이 될 수 있다.

앞으로 그린인프라의 다면적 혜택을 증진하는 계획을 통해 지속가능한 도시에의 기여를 도모해야 할 것이다.

### 참고문헌

1. 최병두, 홍인옥, 강현수, 안영진(2004) 지속가능한 발전과 새로운 도시화: 개념적 고찰. 대한지리학회지 39(1): 70-87.
2. 지우석(2017) 도로융합발전시대 개막의 의의와 기대. (281): 1-25.
3. Mell, I. C.(2009) Can green infrastructure promote urban sustainability? In Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Engineering Sustainability, 162: 23-34.
4. Nowak, D. J., D. E. Carne, J. C. Stevens (2006) Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. Urban Forestry & Urban Green 4: 115-123.
5. Low Impact Development (LID) Center.(2010) Low Impact Development Manual for Southern California: Technical Guidance and Site Planning Strategies. Center, Beltsville, MD: Low Impact Development (LID).