

대학 캠퍼스 내 탄소 저감 녹지 조성 전략별 탄소 저감량 분석 연구[†]

김주은*, 민진규**, 성욱제***, 손정민***, 엄정희****

*국립산림과학원 산림생태연구과 석사연구원, **경북대학교 대학원 조경학과 석사과정, ***경북대학교 대학원 조경학과 박사과정,

****경북대학교 산림과학·조경학부 조경학전공 부교수

1. 서론

최근 탄소중립이 전 세계적으로 중요한 논제로 부상하고 있다. 2020년 대한민국에서도 2050 탄소중립을 선언하였으며, 같은 해 산림청은 '2050 탄소중립 산림부문 추진전략'에서 녹지의 양적 확보를 통한 흡수량 확대를 전략으로 제시하였다. 조현길(2000)에 따르면 탄소 저감 차원의 녹지의 역할은 '탄소 흡수 기능', '토양 탄소저장 기능', '냉난방 에너지 절감 등을 통한 간접적 탄소 배출 저감 기능'의 세 가지로 분류된다. 탄소 흡수 및 저장 기능은 국내 수종 선정식이 존재할 만큼 활발히 연구가 진행되었으나, 수목의 간접적 탄소 배출 저감 기능 연구는 미흡한 현황이다. 이에 본 연구는 수목의 기온 완화에 따른 탄소 배출 저감량을 정량적으로 산출하여, 탄소중립 녹지 조성 관련 기초 연구를 보완하고자 한다. 이를 위해 캠퍼스를 대상으로 9가지 전략을 목록화하고, ENVI-met을 활용하여 기온 저감 정도를 분석한 후 탄소 저감량으로 환산하여 비교·분석하였다.

2. 연구방법

2.1 시뮬레이션 입력자료 구축

대상지는 대구광역시 북구에 위치한 경북대학교 캠퍼스로 선정하였다. 분석범위는 1.2km × 1.2km 크기, 높이는 건축물을 포함하는 100m로 설정하였다. 분석 셀의 크기는 4m × 4m × 4m로 설정하였다. 녹지 조성 전략별 공간 구축은 경북대학교 일대 현장조사를 기반으로 2019년 정사영상(국토지리정보원, 2019), 로드뷰 및 건축물 높이 자료(국토지리정보원, 2021)를 활용하여 진행하였다. 기상자료는 대상지에서 가장 가까운 기상관측 지점인 신암(860) 지점의 AWS 정보를 활용하였다. 2021년 7, 8월의 최고·최저기온, 풍속, 최대순간풍속풍향의 평균값을 추출하여 기상자료를 입력하였다. 시뮬레이션은 2021년 중 일평균기온이 가장 높았던 8월 6일 11시부터 8시간 동안 분석을 진행하였다.

2.2 탄소중립캠퍼스 녹지 조성 전략

우헤미 외(2010)에서 제시한 캠퍼스 내 탄소 저감 관련 녹지 전략 사례를 바탕으로, 환경부의 그린캠퍼스 사업(2011-2019)에서 실제 추진된 전략목록의 교집합을 추출하여 1차 목록화 작업을 시행하였다. 최종적으로 현황과 분석 대상지에 적용 가능한 9가지 전략을 구상하였다(Table 1 참조).

Table 1. 경북대학교 탄소중립 녹지 조성 전략 목록

구분	유형	수목(주)	Case 1 대비 추가 조성 수목(주)	Case 1 대비 추가 건축물 녹화 면적(m ²)	구분	유형	수목(주)	Case 1 대비 추가 조성 수목(주)	Case 1 대비 추가 건축물 녹화 면적(m ²)
Case 1	분석 대상지 현황	3,748	-	-	Case 6	유휴 부지 녹화	4,217	469	0
Case 2	녹지가 없는 상태	0	-3,748	0	Case 7	기존 녹지 수목 추가	5,367	1,619	0
Case 3	옥상 녹화	3,748	0	92,016	Case 8	가로수 추가	5,014	1,256	0
Case 4	벽면 녹화	3,748	0	297,124	Case 9	경북대학교 탄소 저감 녹지 전략(종합)	18,328	7,131	389,140
Case 5	주차장 지하화	3,967	219	0					

[†]본 연구는 산림청(한국임업진흥원) 산림과학기술 연구개발사업 '2022428B10-2224-0802'의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

3. 연구결과

3.1 기온 저감 시뮬레이션

15시 지상으로부터 1.2m와 18m 높이를 기준으로, 각각의 녹지 조성 시나리오(Case 3~Case 8) 기온 결과와 분석 대상지 현황(Case 1) 결과의 차이를 비교하였다(Figure 1, Table 2). 먼저 수직적 녹화를 진행한 Case 3과 Case 4의 경우, 대상지에 고르게 분포된 녹지 조성 건축물 주변부로 타 녹화 전략보다 넓은 범위에서 기온이 저감이 나타났다. 또한 1.2m의 기온차 값이 18m에서도 유지되는 경향이 나타났다. Case 5와 Case 6의 경우, 타 녹화 전략보다 기온 저감이 특정 범위에서 집약적으로 나타났다. 반면 전 범위 평균기온 저감은 비교적 적게 나타났으며 높이가 증가함에 따라 영향이 비교적 큰 폭으로 감소했다. 마지막으로 Case 7과 Case 8의 경우, 수목 식재 수가 가장 많고 넓은 범위에 조성함에 따라 전반적으로 기온 저감이 나타났으며 전범위 평균기온 차이값이 크게 나타났다. 특히 Case 8이 Case 7보다 수목 식재 수가 적음에도 불구하고, 기온 저감이 더 크게 나타났다. 하지만 높이 상승에 따른 기온 저감 정도의 감소는 더 크게 나타났다.

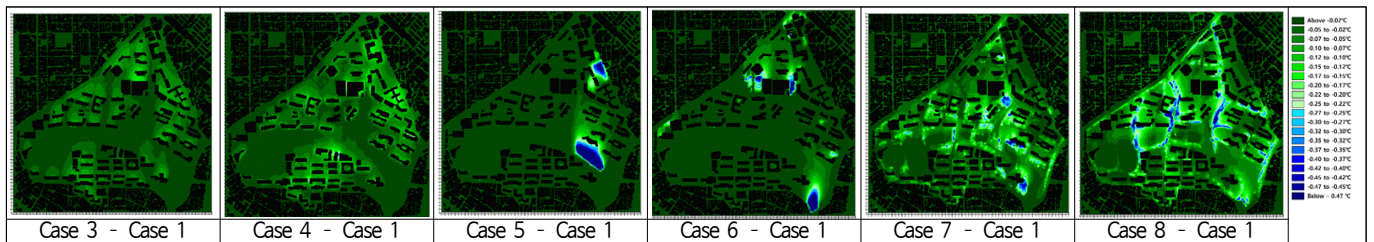


Figure 1. 시나리오별 현황(Case 1) 대비 기온 차이 값 결과의 공간 분포(15시, 1.2m)

Table 2. 시나리오별 현황(Case 1) 대비 기온 차이값 결과(15시)

구분	높이	Case 1 대비 평균기온차	Case 1 대비 기온 저감률	최대 기온차	높이	Case 1 대비 평균기온차	Case 1 대비 기온 저감률	최대 기온차
Case 3: 옥상 녹화	1.2m	0.021°C	0.06%	0.18°C	18m	0.025°C	0.08%	0.18°C
Case 4: 벽면 녹화		0.029°C	0.09%	0.20°C		0.029°C	0.10%	0.20°C
Case 5: 주차장 지하화		0.024°C	0.07%	0.31°C		0.017°C	0.06%	0.31°C
Case 6: 유희 부지 녹화		0.025°C	0.08%	0.27°C		0.017°C	0.06%	0.27°C
Case 7: 기존 녹지 수목 추가		0.046°C	0.15%	0.22°C		0.044°C	0.15%	0.22°C
Case 8: 가로수 추가		0.068°C	0.23%	0.24°C		0.055°C	0.18%	0.24°C

3.2 에너지 저감 분석

에너지 저감 분석은 기온 차이를 활용하여 에너지 저감량을 추정하는 식(Fanhua et al., 2016)을 활용하였다. 분석의 수직 범위는 기온 차이가 더 이상 나타나지 않는 높이인 54m로 선정하였다. 이후 최종적으로 현황(Case 1) 대비 탄소 저감량으로 환산하여 산출하였다(Table 3 참조). 시나리오별 경북대학교 전기 사용량 대비 감소율은 16시에 Case 8에서 3.39%로 가장 큰 결과가 나타났다. 최소 에너지 감소율은 14시 Case 6에서 0.72%로 나타났다.

Table 3. 시나리오별 현황(Case 1) 대비 에너지 저감량 및 환산 결과(15시)

시나리오	에너지 저감량(g(h)=Case 1, kWh)	경북대학교 전기 사용량 대비 감소(%)	에어컨 환산대	탄소 저감량(kgC)
Case 3: 옥상 녹화	133.16	1.26	71	50.93
Case 4: 벽면 녹화	180.08	1.71	96	60.01
Case 5: 주차장 지하화	93.09	0.88	49	35.60
Case 6: 유희 부지 녹화	94.84	0.90	50	30.59
Case 7: 기존 녹지 수목 추가	264.43	2.50	141	80.82
Case 8: 가로수 추가	351.68	3.33	187	105.80

*경북대학교 시간당 전기 사용량: 14시 10560.15kWh, 15시 10872.42kWh, 16시 10942.97kWh, 17시 10781.26kWh

*에어컨 1대당 냉방용량: 2.8 kW

*탄소 저감량: 1kWh 당 0.4 CO2 kg (*출처:산림청)

3.3 대학캠퍼스 탄소 저감 녹지 전략 에너지 저감 분석

Case 1 대비 Case 9의 녹지 조성을 통한 에너지 저감 분석 결과, 수목 7,131주, 건축물 녹화 389,140m²를 통해 시간당 최대 903.40kWh의 에너지를 저감하는 것으로 나타났다. 이러한 수치는 경북대학교 전기 사용량 대비 8.5%의 에너지를 저감하는 수치이며 에어컨 480대 동시 가동량으로 361.36kg의 탄소를 저감하는 효과를 미칠 수 있는 것으로 나타났다.

4. 결론 및 제언

각각의 탄소 저감 녹지 조성 시나리오를 바탕으로 탄소 저감 효과에 대해 비교한 결과, 캠퍼스 내 가용지를 고려하였을 때 가로수 식재를 진행한 Case 8이 가장 효과적인 전략으로 판단되어 대상지의 탄소중립 녹지 전략 수립 시 우선적으로 시행할 것으로 제안할 수 있다. 대상지의 조성 면적 대비 효율을 분석하였을 때, 주차장 지하화를 시행하였던 Case 5에서 가장 효과적인 것으로 판단된다. 이에 조성 우선순위는 대상지별로 다를 수 있으며 사전 평가를 진행하여 적합한 녹지 조성 전략을 수립할 필요가 있다. 향후 각 전략별 식재 수 및 배치를 고려한 세부 조성 가이드라인 연구가 진행될 필요가 있다. 또한 주변 지역에 미치는 영향을 분석하여 탄소중립에서의 녹지 조성의 중요성을 뒷받침할 수 있는 연구가 필요하다.

참고문헌

1. 조현길, 이기의(2000) 도시녹지의 에너지절약 및 대기 CO2 농도저감과 계획지침. 한국조경학회지 27(5): 38-47.
2. Fanhua K., S. Changfeng, L. Fengfeng, Y. Haiwei, J. Fei, P. Yingxia, C. Gina, S. Cynthia, M. Ariane and D. Iryna(2016) Energy saving potential of fragmented green spaces due to their temperature regulating ecosystem services in the summer. Applied Energy Volume 183, 1 December 2016: 1428-1440.