

# 탄소저감설계 지원을 위한 수목 탄소계산기 개발 및 적용

하지아\*, 박재민\*\*

\* (주)본시구도 기업부설 연구소장, \*\*청주대학교 환경조경학과 조교수

## 1. 서론

지구온난화로 인한 세계적 기후위기가 심각해지면서 정부도 온실가스 감축을 위한 제도적 기반과 구체적 로드맵을 마련하고 있다. 지속적인 산림면적 및 연간 임목생산량 감소에 대한 보완재로서 도시녹지에 주목하고 탄소흡수원 총량 관리제 등 도시지역 배출상쇄본 확충을 제안하고 있다. 국토계획에도 탄소중립 요소가 반영되기 시작하여 탄소배출 공간지도 등 지역 중심의 탄소 데이터 기반 마련 방안을 제시하였다. 이러한 탄소감축 제도의 전제는 탄소성능의 정량화이다. 현재 국내 조경분야의 탄소성능에 대한 연구는 아직 미진하며, 정량적 데이터에 대한 필요성 역시 체감하지 못하고 있다. 기초성된 공원 및 산림의 경우 임목축적을 대입한 상대생산식에 근거하여 탄소성능을 산정할 수 있다(경기개발연구원, 2009). 반면 신규 조성되는 도시공원 및 녹지의 탄소성능 기준치가 정해지고 이에 부합하는 계획안을 만드는 과업이 주어진다면, 대응할 방법이 없는 실정이다. 현장조사를 기반으로 몇몇 수종의 탄소성능 산정모델에 대한 연구(산림청, 2020)가 진행되었으나, 유통과 적산을 위해 규격화된 조경수 그룹을 이용하는 조경분야에 적용하기에는 적합하지 않다. 환경부의 온실가스 상쇄제도 외부사업 중 하나인 식생복구 사업의 온실가스 감축량 계산기 역시 일부 수종의 식재 시 임령(년)을 기준으로 하고 있어 조경수 규격을 적용할 수 없다. 조경 업무의 특성상 비용적 제한 내에서 경관미와 유지관리까지 고려해야 하는 도시녹지를 주 대상으로 다루므로, 단순한 양적 확대로 탄소성능을 높이는 데 한계가 있다. 이런 의미에서 조경수의 탄소성능을 정량화하고 이를 활용할 수 있는 조정적 해법을 찾을 필요가 있다.

본 연구에서는 조경수의 탄소성능을 수치화하여 수목 가격과 함께 제공하는 수목 탄소계산기를 개발하고, 전문가를 대상으로 이를 설계 보조도로 활용한 식재 실험설계를 실시하여 탄소저감 효과를 살펴보았다. 이를 기반으로 탄소계산기 및 조경분야 탄소저감설계의 향후 발전 방향을 제시하고자 한다.

## 2. 연구방법

### 2.1 수목 탄소계산기 개발

본 연구에서는 한국토지주택공사 일위대가(2022년 2월 기준) 중 교목 93종(상목 30종, 낙엽 63종)의 규격별 연간 탄소흡수량 및 탄소저장량을 구하기 위해 i-Tree Eco를 이용하였다. 우선 국내 조경수종과 i-Tree Eco 라이브러리를 매칭하여 종 수준에서 일치하지 않는 경우 속 수준에서 대체하였다. 또한 구동을 위한 필수 입력변수인 수종(species)와 흉고직경(DBH)이 국내 조경수 규격과 상이하므로 이를 보정하기 위한 규격 변환이 필수적이다. 수고(H)×수관폭(W), 근원직경(R), 흉고직경(B) 등 다양하게 표기되는 조경수 규격을 모두 흉고직경 기준으로 변환하기 위해 국토교통부 조경설계기준 중 수목식재(KDS 34 40 10, 2019)의 이식을 위한 수목규격 환산기준표를 적용하였다. 추출한 탄소흡수량 및 저장량에 수목 단가를 포함한 데이터베이스를 구축하고, 현장 운용성을 고려하여 접근성 높은 프로그램인 MS Excel을 포맷으로 선정 후 자체 매크로인 VBA(visual basic for application)를 이용하여 수목 탄소계산기를 제작하였다. 수목의 성상, 수종, 수량 입력을 통해 전체 계획안 및 수종별 연간 탄소흡수량과 탄소저장량을 비용과 함께 출력함으로써 수목 조정에 따른 탄소성능 증감을 쉽게 확인할 수 있다(Figure 1 참조).

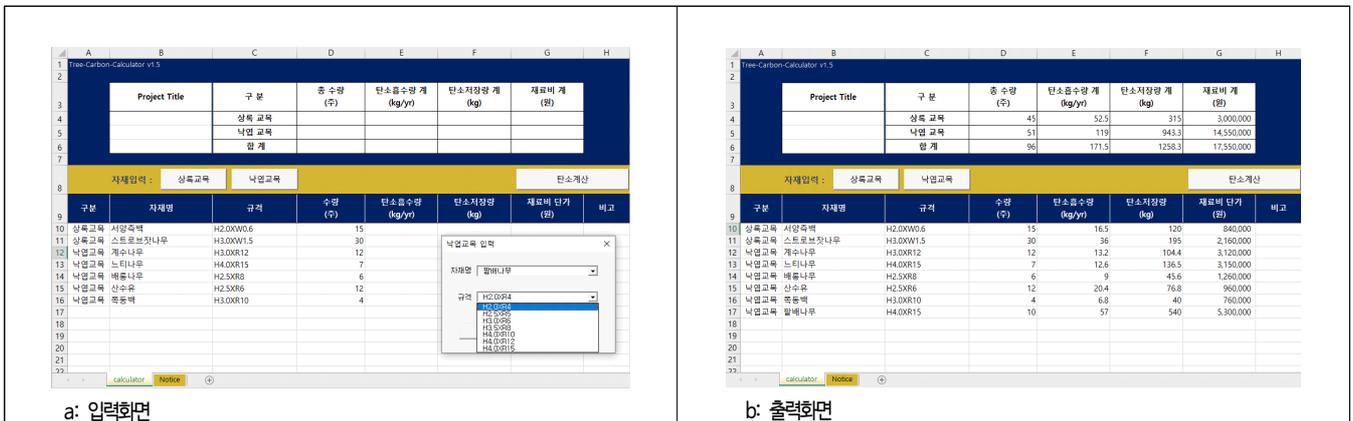


Figure 1. 수목 탄소계산기

## 2.2 식재 실험설계

경력 9~12년의 조정설계가 4인을 대상으로 한 식재 실험설계는 설계 시뮬레이션과 반구조적 인터뷰로 구성하였다. 설계 시뮬레이션은 중부지방 도시지역의 소공원을 임의로 제시하고, 수목 탄소계산기 사용 전 원안과 사용 후 변경안을 제출하도록 하여 두 안의 탄소성능을 비교 분석하였다(Table 1 참조). 현장의 비용적 한계를 가정하기 위한 장치로서 원안의 총 재료를 변경안의 예산 상한선으로 설정하였으며, 변경안 작성 시 설계가들의 편의를 위해 수목 규격별 탄소흡수량 순위표를 제공하였다. 이 시뮬레이션을 통해 수목 탄소계산기를 활용하여 비용 증가없이 수목 변경만으로 어느 정도의 탄소성능 변화를 가져올 수 있는지를 알아보고, 전후 인터뷰를 통해 수목 탄소계산기 및 탄소저감설계 프로세스의 평가를 취합하였다.

Table 1. 수목 탄소계산기 사용 전후 설계안-설계가D 사례

원안				변경안				비고
수목명	규격	수량(주)	수목명	규격	수량(주)			
스트로브잣	H4.0xW2.0	67	스트로브잣	H4.0xW2.0	67	유지		
메타세콰이어	H5.0xB12	19	메타세콰이어	H5.0xB12	19	유지		
왕벚나무	H4.0xB15	5	이팝나무	H4.0xR15	5	교체		
자작나무	H3.5xB8	7	계수나무	H3.5xR15	7	교체		
청단풍	H4.0xR20	26	복자기	H3.5xR15	26	교체		
팔배나무	H3.5xR8	22	팔배나무	H3.5xR8	22	유지		
팽나무	H6.0xR30	5	대왕참나무	H4.0xR15	5	교체		
합계		151	합계		151	변동 없음		

## 3. 결과 및 고찰

Table 2. 설계가별 탄소성능 및 재료비 증감표

구분	총 수량 (주)	녹지면적당 식재밀도(주/㎡)	총 탄소흡수량 (kg/yr)	총 탄소저장량 (kg)	총 재료비 (원)	탄소흡수량 kg당 재료비 (원)	
설계가 A	1차	51	0.03	150.1	1,387.4	44,546,000	296,775
	2차	51	0.03	175.2	1,622.2	42,676,000	243,584
	증감	변동 없음	변동 없음	16.7% 증가	16.9% 증가	4.2% 감소	17.9% 감소
설계가 B	1차	162	0.09	231.8	1,876.0	41,416,000	178,671
	2차	201	0.11	420.7	3,523.2	40,038,000	95,170
	증감	39주 증가	0.02 주 증가	81.5% 증가	87.8% 증가	3.3% 감소	46.7% 감소
설계가 C	1차	132	0.07	241.4	2,033.6	49,632,000	205,601
	2차	132	0.07	322.0	2,774.1	48,942,000	151,994
	증감	변동 없음	변동 없음	33.4% 증가	36.4% 증가	1.4% 감소	26.1% 감소
설계가 D	1차	151	0.09	322.3	3,265.3	65,338,000	202,724
	2차	151	0.09	386.2	3,722.6	43,648,000	113,019
	증감	변동 없음	변동 없음	19.8% 증가	14.0% 증가	33.2% 감소	44.2% 감소

설계 시뮬레이션 결과 원안 대비 탄소흡수량 약 16.7~81.5%, 탄소저장량 약 14.0~84.6%가 증가하였다. 총 수량을 유지한 채 일부 수종 변경만으로 탄소성능 증가효과가 나타났으며, 비용 한계 내에서 수량 추가 등 적극적으로 탄소계산기를 활용한 경우 가장 높은 증가율을 보여주었다. 또한 수목 탄소계산기를 사용한 탄소저감설계를 통해 녹지면적당 식재 밀도를 높일 경우 탄소흡수량이 이에 비례하여 높아질 수 있음을 알 수 있었다(Table 2 참조).

수종을 유지 또는 교체하는 기준은 주로 원안과의 디자인 의도 부합성으로 나타났다. 소나무, 왕벚나무 등 대중적 기호 수종이거나 권선을 위한 주요 수목은 그대로 유지하였으며, 탄소성능 향상을 위해 대체목을 선정할 경우 원안의 디자인 의도와 유사한 화목, 단풍, 수형으로 교체하는 경향을 나타냈다. 설계가들은 기후위기 대응을 위한 탄소저감설계의 필요성에 공감하였으며, 수목 탄소계산기의 기능 및 사용 편의성을 긍정적으로 평가하였다. 탄소저감설계 프로세스는 탄소성능 검토라는 부가적인 과정이 추가됨에도 불구하고 시대적 이슈에 대한 대응으로써 필요한 과정이라고 판단하였다. 향후 수목 탄소계산기의 발전을 위해 다음과 같은 대내외적 선행 과제의 필요성이 제기되었다. 첫째 변수의 다양화 및 데이터베이스의 고도화를 통해 설계도구로서의 정확도를 높이고, 둘째 탄소 관련 규제 제도에 대비하여 조정설계 업무와의 정합성을 키워야 하며, 셋째 지속적인 데이터 관리와 프로그램 접근성 향상을 통해 업계 전반의 신뢰를 쌓아야 한다고 보았다.

조경분야 탄소저감설계에 대해 긍정적 기대와 함께 디자인 제한에 대한 우려도 나타났다. 수목 탄소계산기 등 탄소성능 정량화 도구를 이용한 설계과정이 반복되면, 학습을 통해 탄소성능 우수 수종으로 선택이 편중될 수 있다. 디자인뿐 아니라 생태적 다양성 저하로 이어질 가능성도 있지만, 이것 역시 설계가로서 극복해야 할 과제라고 보여진다. 앞으로 추가적인 연구를 통해 수목뿐 아니라 시설물, 포장, 시공 방법, 유지관리 등 조경산업 전반에 걸친 탄소성능까지 설계에 반영할 수 있어야 진정한 의미의 탄소저감설계가 이루어질 것이다.

## 4. 결론

국토계획에 직접적인 실천성을 가지는 조경분야에 있어 탄소저감설계의 필요성이 빠르게 커지고 있다. 이에 본 연구에서는 수목의 탄소성능을 수치화하여 탄소저감설계를 지원할 수 있는 수목 탄소계산기를 개발하고, 이를 활용한 실험설계에서 실제로 의미있는 탄소저감 효과를 얻을 수 있었다. 탄소계산기와 같은 정량화 도구를 더욱 고도화시켜 간다면 조경설계 현장에서 탄소중립에 기여하는 새로운 디자인을 개발하는데 도움을 주고, 이를 통해 세계적 기후위기 대응에 기여할 수 있을 것이라 판단된다.

## 참고문헌

1. 경기개발연구원(2009) 도시 수목의 이산화탄소 흡수량 산정 및 흡수효과 증진 방안.
2. 산림청(2020) 도시림 탄소흡수와 다원편의 증진을 위한 조성·관리·평가모델 및 기술 개발 최종보고서.
3. 온실가스종합정보센터(2022) 식생복구 사업의 방법론 사업계획서.