



녹색건축인증 생태면적을 항목에 대한 등급화 및 식재유형 환산면적 기준 개선 방안

Proposal on the Improvement of Grading and Planting Type Scoring Standards for Biotope Area Ratio in the G-Seed

배채영* · 장대희**

Chaeyoung Bae* · Dae-hee Jang**

* Postdoctoral Associate, Department of Building Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, South Korea (bcy1224@kict.re.kr)

** Corresponding author, Research Fellow, Department of Building Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, South Korea (zzan1113@kict.re.kr)

ABSTRACT

Purpose: Biotope Area Ratio(BAR) is in the spotlight as an important indicator for improving the quality of the urban environment, and the construction sector, which occupies a large area in the city, also allocates a large part as a G-SEED evaluation item. However, despite the number of green building certification cases increases and green infrastructure technology advances, BAR calculation method or standard does not take into account realistic conditions, so this study proposes improvement plans based on two major limitations. **Method:** To examine the first of the two issues to be addressed in this study, the scope of calculating BAR was reviewed, and problems were derived, and improvement measures were proposed through DB construction and descriptive statistics on the certification status of sites where the G-SEED evaluation was conducted. Second, in order to propose an improvement in the conversion area for planting type, we analyze research trends related to carbon uptake in Korea, analyze differences in carbon uptake according to tree species and size, and propose a adjustment plan accordingly. **Result:** In the method of calculating BAR based on the existing land area, a modified equation additionally considering the statutory site coverage ratio was proposed, and the change in the results of the existing certification case according to the modified equation was reviewed. It was proposed to readjust the converted area of the planting type in consideration of the amount of carbon uptake that changes according to the tree species and size.

KEYWORD

녹색건축인증제
생태면적률
등급화 기준
식재유형
탄소흡수량

G-SEED
Biotope Area Ratio
Grading Standard
Planting Type
Carbon Uptake

ACCEPTANCE INFO

Received Nov. 23, 2023

Final revision received Dec. 11, 2023

Accepted Dec. 15, 2023

© 2023. KIEAE all rights reserved.

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

기후변화와 도시화로 인해 발생하는 문제를 극복하기 위해 도시 공간의 생태적 기능 강화에 대한 관심이 증가하고 있다. 도시의 지속 가능성과 시민 삶의 질을 유지하려면 생태적 기능을 보다 강화하고, 인프라 시스템을 혁신적으로 조정해야 한다. 이러한 맥락에서 '생태면적률'은 도시환경의 질적 향상을 위한 중요한 지표로 각광받고 있다. 이 지표는 토지피복 변화에 따른 대지의 생태적 영향을 정량적으로 평가해 대상지 환경의 질적 수준을 개선하기 위한 목적으로 도입되어 환경영향평가 대상사업은 「자연환경보전법」에 따른 생태면적률을 일정 수준 이상 확보하도록 하고 있으며, 2016년 지침 개정을 통해 도시계획조례로 환경영향평가 내 생태면적률 적용기준을 수립하여 의무사항을 강화하는 등 적극적인 적용을 추진하고 있다[1].

도시 내 많은 면적을 차지하는 건축 부문에서도 녹색건축인증제(G-SEED)의 생태환경 분야에 대한 환경계획지표로서 생태면적률 도입 등 그린인프라 기술 혁신을 강화하고 있다. G-SEED에서의 생태면적률 평가 방법과 기준은 2012년 녹색건축물 조성지원법 제정

(2012.02.22.)에 따라 법적 기반을 확보하였으며, 등급기준 상향을 포함한 상세기준 운영 개선안이 2016년 G-SEED 개정에 반영되어 현재까지 운영되고 있다[2].

그러나 인공지반과 관련된 녹색인프라 기술은 진일보하여 다양한 입체녹화 유형이 녹색 건축물 현장에 활발히 적용되고, 녹색건축인증 사례가 증가하고 있는 사이 건축물의 생태면적률을 평가하는 일부 기준이 현실적인 여건을 감안하지 못한다는 것이 현장 실무자, 이해관계자의 주된 의견이다.

특히 현재의 생태면적률 평가 방법을 준용해오면서 사업대상지별 서로 다른 조건으로 제한된 생태면적 환경에도 불구하고 대지면적을 기준으로 생태면적 비율을 산정함에 따라 평가의 출발점이 다를 수밖에 없다는 한계가 지적되어 왔다. 또한 탄소흡수원으로써의 도시 수목에 대한 가치가 중요해지는 바, 서울특별시 연구결과에 근거하여 식재유형 별 환산면적 기준을 마련하고 가치를 산정할 수 있도록 제도 개선이 이루어졌지만[3], 식재유형 별 환산면적이 기본적으로 국토교통부 조경기준¹⁾을 바탕으로 설정되어 있어 수목이 가지는 실제적인 생태적 효과를 반영하지 못하는 한계점을 가지고 있다.

이에 본 연구는 앞서 언급한 문제점을 개선하고 생태면적률 적용을 통한 녹색건축물 품질성능을 달성하기 위해 생태면적률 등급화 기준을 건축물 특성과 인증제 현실에 맞게 개선하고 식재유형 별 환산면적을 재조정하는 방향을 제안하고자 한다.

1.2. 연구의 방법 및 범위

본 연구에서 다룰 두 가지 주요 논점 중 첫 번째인 등급화 기준에 대한 부분을 검토하기 위해 현재 녹색건축인증 생태환경 평가에서 도시환경정비사업 등 외부환경 평가지표가 적용된 대상지의 현황에 대한 DB 구축 및 요소별 분석을 통해 문제점을 도출, 개선방안을 제안하고 이에 대한 적용 가능성을 검토하였다.

두 번째 논점인 식재유형 별 환산면적 개선을 제안하기 위해서는 국내 수목 탄소흡수량 관련 연구동향 분석 및 수목 수종, 크기에 따른 탄소흡수량 차이 분석과 그에 따른 가중치 조정안을 제안하고자 하였다.

2. 녹색건축인증 사례의 생태면적 데이터 분석

2.1. G-SEED 내 생태면적을 운영 현황²⁾

현재 우리나라의 G-SEED는 총 7개의 전문분야로 분류체계를 구축하고 있다. 이 중 '생태환경' 전문분야에 대한 4가지 인증항목 중 하나로 '생태면적률'이 구성되어 있으며 가장 높은 배점을 차지한다. 생태면적을 평가방법은 대지의 공간유형을 구분하고, 각 공간 유형에 해당 계수를 곱하여 산출한 생태면적의 합과 전체 대지면적의 비율로 산정하는 방식이다. 이때 공간유형은 피복유형과 식재유형으로 구분되며 두 유형에 대한 계수 설정 기준을 구분하고 제시하고 있다. 산정된 결과에 따라 1~5등급으로 등급화 가능하며, 등급에 해당하는 가중치에 배점을 곱하여 최종 점수를 산출한다. 등급화 기준은 용도(주거, 비주거) 별로 구분된다.

G-SEED에서의 생태면적률은 기본적으로 독일의 BAF(Biotope Area Factor)를 벤치마킹하여 공간유형을 분류하고 있으며 우수투수 및 저장기능 등을 고려하여 등급화 기준을 설정하고 있다. 현재 사용되고 있는 생태면적률은 다양한 입체녹화 방식에 대해 피복면적 기준으로만 가중치를 적용하는 한계로 인해 투입되는 양이 높아도 생태면적률의 증가에는 영향을 미치지 않는다는 한계점이 있다. 이는 사업주로 하여금 생태적으로 기여하는 형태로 설계가 이루어지지 않도록 유도하고 있어 이에 대한 보완이 필요하다. 이와 관련하여 국외의 일부 사례에서는 수목 개체당 환산면적의 적용으로 인센티브를 제공하는 기법들이 사용되고 있다. 스웨덴 말뚝의 GSF(Green Space Factor)에서는 식재와 관련된 유형은 흉고직경(DBH, Diameter of Breast Height) 35cm 이상 가중치 0.4을 규정하고 주당 25m²의 환산면적을 적용하고 있다[4]. 미국 시애틀의 SGF(Seattle Green Factor)에서는 보너스 포인트가 별도로 지정되어 있는데 내건성 혹은 자생식물 종을 사용할 경우에 포인트를 부여하는 등 입체적 개념을 적용하기 위해 노력하고 있다. 또한 SGF에서는 가중치 범위 0.1~0.8로 분포차가 커 대형 보존수목에 대한 높은 가치를 인정하고 있다. 수목 크기에 따른 환산면적을 적용하되 가중치는 통합적용(소~중소교목 0.3, 중대~대교목 0.4)한다[5]. 국내의 생태면적률 제도 역시 이러한 입체녹화 방식에 대한 가치 인정을 위해 가중치 및 환산면적에 대한 수정의 필요성이 지속적으로 대두되고 있으므로 이러한 수요를 반영한 가치 산정 방법론이 필요하다.

2.2. 녹색건축인증 사례 생태면적을 데이터 분석

사업대상지별 서로 다른 조건으로 제한된 생태면적 환경에도 불구하고 대지면적을 기준으로 생태면적 비율을 산정함에 따라 평가의 출발점이 다를 수 있다는 문제점을 분석하기 위해 2011~2022년 기간 동안 식재유형에 대한 생태면적을 인정받은 사례를 중심으로 총 60개(주거 30개, 비주거 30개) 녹색건축 인증 사례에 대한 데이터를 수집 및 분석하였다.

생태면적을 산정 기준면적과 관련된 요소로 대지면적, 건축면적, 건폐율, 법정 건폐율, 연면적, 용적률을 추출하고 생태면적과 관련된 요소로는 생태면적, 생태면적률, 생태면적등급을 추출하여 기초 통계 분석을 수행하였다. 분석 결과 기준면적 요소 중 대지면적, 건축면적, 연면적에 대한 비주거용 건축물에서의 사례 별 편차가 크게 나타났으며 건폐율과 법정건폐율 요소의 사례 별 변동성은 비교적 낮은 것을 확인할 수 있다(Table 1.).

한편, 생태면적에 가장 많은 영향을 미치는 요소를 파악하기 위해 생태면적을 평가에 활용되는 모든 요소 간 상관관계를 검토하였다(Table 2.). 일반적인 상관계수 해석은 Cohen 또는 Guilford가 제시한 상관계수 절대값을 기준으로 평가하였다[6, 7]. 대지면적, 건축면적, 연면적과 같은 기준면적 요소와 생태면적의 상관도는 각각 0.98, 0.84, 0.86의 매우 강한 양의 상관관계로 나타났으며 건폐율과 생태면적의 상관도는 -0.6으로 강한 음의 상관관계를 보였다.

Table 1. Coefficients of variation by standard and biotope area factors

| Category | Factor | Coefficient of variation | | |
|---------------|------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| | | Total sample (n=60) | Residential building (n=30) | Non-residential building (n=30) |
| Standard area | Land area (m ²) | 1.25 | 0.83 | 1.80 |
| | Floor area (m ²) | 1.10 | 0.86 | 1.43 |
| | Statutory SCR* (%) | 0.28 | 0.32 | 0.10 |
| | SCR (%) | 0.52 | 0.34 | 0.18 |
| | Gross floor area (m ²) | 1.16 | 0.87 | 1.30 |
| | Floor area ratio (%) | 0.75 | 0.37 | 0.64 |
| Biotope area | Biotope area (m ²) | 1.33 | 0.87 | 1.75 |
| | Biotope area ratio (%) | 0.27 | 0.12 | 0.33 |
| | Biotope area grade | 0.29 | 0.19 | 0.35 |

*SCR: Site Coverage Ratio

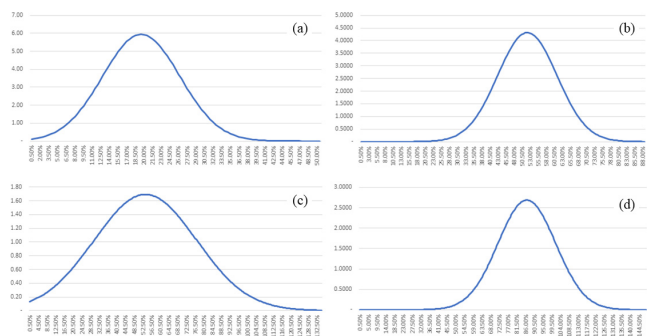


Fig. 1. Probability density for G-SEED cases (a) SCR, residential, (b) SCR, non-residential, (c) SCR versus statutory SCR, residential, (d) SCR versus statutory SCR, non-residential

Table 2. Correlation between standard and biotope area (Total sample)

| Factor | Land area (m ²) | Floor area (m ²) | Statutory SCR (%) | SCR (%) | Gross floor area(m ²) | Floor area ratio(%) | Biotope area (m ²) | Biotope area ratio (%) | Biotope area grade |
|------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------|---------|-----------------------------------|---------------------|--------------------------------|------------------------|--------------------|
| Land area (m ²) | 1.00 | | | | | | | | |
| Floor area (m ²) | 0.90 | 1.00 | | | | | | | |
| Statutory SCR (%) | -0.35 | -0.13 | 1.00 | | | | | | |
| SCR (%) | -0.59 | -0.38 | 0.69 | 1.00 | | | | | |
| Gross floor area (m ²) | 0.87 | 0.83 | -0.35 | -0.45 | 1.00 | | | | |
| Floor area ratio (%) | -0.40 | -0.31 | 0.34 | 0.60 | -0.09 | 1.00 | | | |
| Biotope area (m ²) | 0.98 | 0.84 | -0.37 | -0.60 | 0.86 | -0.39 | 1.00 | | |
| Biotope area ratio (%) | 0.43 | 0.32 | -0.38 | -0.57 | 0.44 | -0.16 | 0.51 | 1.00 | |
| Biotope area grade | -0.23 | -0.22 | 0.10 | 0.20 | -0.30 | -0.07 | -0.30 | -0.86 | 1.00 |

Table 3. Correlation between biotope area index and biotope area assessment factors

| Biotope area assessment factors | | Biotope area (m ²) | | | Biotope area ratio (%) | | | | |
|---------------------------------|--|--|-------------|-----------------|------------------------|-------------|-----------------|------|---|
| | | Total | Residential | Non-residential | Total | Residential | Non-residential | | |
| Coverage type | Natural ground green area | 0.89 | 0.84 | 0.82 | 0.58 | 0.72 | 0.27 | | |
| | Water space | 0.32 | 0.19 | 0.76 | 0.25 | 0.23 | 0.11 | | |
| | Artificial ground green area (soil depth ≥ 90) | 0.95 | 0.94 | 0.83 | 0.38 | 0.20 | 0.14 | | |
| | Artificial ground green area (soil depth < 90) | 0.34 | 0.26 | 0.67 | 0.14 | 0.16 | 0.02 | | |
| | Rooftop greening (soil depth ≥ 40) | -0.01 | -0.06 | 0.54 | 0.06 | -0.26 | 0.55 | | |
| | Rooftop greening (soil depth < 40) | 0.15 | 0.07 | 0.63 | 0.09 | -0.03 | 0.21 | | |
| | Permeable pavement on entire surface | 0.09 | 0.00 | -0.01 | 0.03 | -0.20 | 0.09 | | |
| | Partial pavement or permeable pavement with no plants | 0.30 | 0.11 | 0.56 | 0.18 | 0.08 | -0.04 | | |
| | Wall greening | -0.12 | - | 0.00 | 0.14 | - | 0.39 | | |
| | Linked area to rainwater storage & infiltration facilities | 0.66 | 0.76 | 0.39 | 0.18 | 0.14 | 0.28 | | |
| Planting type | 0.3m ≤ Tree height < 1.5m | 0.26 | 0.19 | 0.21 | 0.24 | 0.27 | 0.41 | | |
| | 1.5m ≤ Shrub height | 0.13 | 0.08 | 0.30 | 0.13 | 0.26 | 0.02 | | |
| | 1.5m ≤ Tree height < 4.0m | 0.24 | 0.09 | 0.32 | 0.21 | 0.05 | 0.21 | | |
| | 4.0m ≤ Tree height | 15cm ≤ Root diameter, 12cm ≤ Breast diameter, 2.0m ≤ Width | | 0.23 | 0.12 | - | 0.25 | 0.25 | - |
| | 5.0m ≤ Tree height | 20cm ≤ Root diameter, 18cm ≤ Breast diameter, 3.0m ≤ Width | | 0.04 | -0.12 | - | 0.23 | 0.11 | - |
| | | 30cm ≤ Root diameter, 25cm ≤ Breast diameter, 5.0m ≤ Width | | 0.21 | 0.15 | - | 0.24 | 0.28 | - |

전체 케이스에 대한 생태면적·생태면적률과 피복유형 및 식재유형 요소 간 상관관계를 검토한 결과 ‘자연지반녹지’, ‘인공지반 토심 90 이상’에서 각 0.89, 0.95로 강한 양의 상관도를 보였으며, 이 외의 다른 요소들은 전체적으로 상관도가 매우 낮아 음 또는 양의 무상관을 보였다. 건폐율은 피복유형과 식재유형 요소들과 대부분 음의 상관관계를 보였으며 ‘자연지반 녹지’, ‘인공지반 토심 90 이상’에서 -0.62, -0.51로 강한 상관도를 나타냈다. 주거용 건축물에서도 전체 케이스와 비슷한 양상을 보였으며 비주거용 건축물의 경우에는 비교적 많은 요소에서 양의 상관관계를 보임에 따라 다양한 식재 행위의

시도가 발생한 것으로 판단된다. 생태면적률이 피복유형 및 식재유형과 반비례하는 음의 상관으로 표현되는 현상은 생태면적이 낮을수록 주거용 건축물에서는 다양한 생태면적 확보 노력을 한 것으로 해석된다.

인증사례에서의 건폐율 확률 분포를 검토한 결과(Fig. 1.), 주거용 건축물은 건폐율 20% 수준에서 높은 확률밀도를 보였으며 비주거용 건축물은 52% 수준에서 높은 확률밀도를 나타냈다. 법정건폐율 대비 건폐율에 대한 확률 분포 검토 결과 주거용에서 54%, 비주거용에서 87% 수준에서 높은 확률을 보였다. 이러한 결과는 주거용 건축물

은 법정건폐율보다 낮은 건폐율로 사업을 진행할 확률이 높고, 비주거용 건축물은 법정건폐율을 모두 확보하는 방향으로 사업을 진행할 확률이 높은 현실적인 이슈가 반영된 것으로 해석된다.

2.3. 국내 수목 탄소흡수량 관련 연구동향 분석

생태면적을 평가요소 중 식재유형은 상록수, 낙엽수, 관목 크기에 따라 수고, 직경 및 수관폭 등을 고려하여 0.1㎡에서 3.0㎡까지 환산 면적을 부여하고 이에 대한 환산계수를 0.1로 하여 산정하고 있다. 하지만 Table 3.에서 보는 바와 같이 식생유형에 대한 요소가 실제 생태면적에 크게 기여하고 있지 않다. 또한, 조경식재로 가장 많은 비중으로 적용되고 있는 수목의 크기는 1.5~4㎡로, 이는 0.3㎡의 환산 면적으로 계산되고 있으나 실제 탄소흡수능력에 기인하여 산정되지 않아 과소 혹은 과대 추정되었을 가능성이 있으므로 국내 정주지 수목의 탄소흡수량 관련 선행연구 결과를 바탕으로 식재유형 가중치를 높이는 방법을 제안하고자 한다.

도시면적이 증가하는 바, 정주지 온실가스 통계 산정에 대한 관심이 증가하고 있으며 이에 따라 도시수목의 탄소흡수량을 정량화하기 위한 연구도 다수 수행되고 있다. 도시수목의 탄소흡수량 산정 국내 연구방법론은 주로 a) 산림수목에서 유도된 계수를 차용한 채적식을 이용하는 방식[8, 9], b) 직접수확법에 따라 수목 굴취 및 성장물을 측정하여 상대생장식 기반 탄소흡수량을 회귀분석하는 방식[10-12], c) 적외선가스분석기를 사용한 잎 기공의 이산화탄소 호흡량 측정 방식[13]으로 구분된다. 방식 a와 b는 기본적으로 같은 방법론을 사용한다고 볼 수 있으며, 산림 데이터를 활용하는 a 방식에 비해 직접수확 및 측정하는 b 방식이 정확한 결과를 도출할 수 있지만 작물을 파괴해야 하는 방식으로 인해 많은 개체수에 대한 연구가 이루어지지 못했다[14]. 방식 c 역시 연구 샘플이 적어 보편화에 한계가 있다. 최근 도시수목에 대한 관심이 높아짐에 따라 주요 조경수에 대한 b 방식에 따른 탄소흡수량 정량화 연구가 활성화되고 있으나 아직까지 데이터베이스화 되지 못한 상황이므로 본 연구에서는 극소규모 사업 흡수량 계산시 참고자료로 활용되는 국립산림과학원 보고서에서 제시한 도시수목의 탄소흡수량 계산 결과를 바탕으로 생태면적률 식재유형에 대한 환산면적 조정안을 제안하고자 한다[6].

국립산림과학원 보고서에서 제시한 도시수목 탄소흡수량 데이터 중 공원수에 해당하며 채적식 회귀 표본수가 가장 많고, 조사지역이 비교적 전국에 분포한 경우를 고려하여 낙엽수는 느티나무, 상록수는 소나무를 대표 조경수목으로 선정하였다. 채적식은 수목의 채적을 추정하기 위해 개발하는 식을 말하며 흉고직경만을 변수로 취하는 채적식과 흉고직경, 수고 모두 변수로 반영하는 표준채적식이다. 흉고직경은 지표면으로부터 1.2m 높이의 수간의 직경을 의미한다. 본 연구에서 인용하고자 하는 보고서의 탄소흡수량 데이터가 흉고직경을 기반으로 추정된 채적식을 적용하고 있으므로 G-SEED에서 적용되는 식재유형 구분 기준인 수고(H, Tree Height)와 맞추기 위해 국토교통부 조경기준에 따라 수고에 따른 흉고직경 값을 환산하여 적용하였다. 관목에 대한 탄소흡수량 산정 연구는 매우 적으므로 본 논문에서는 제외하였으며, 기존의 평가체계를 최대한 유지한 형태에서 환산면적만을 수정하고자 하므로 기존의 평가체계에서 활용된 식재유형 구분기준을 유지하였다.

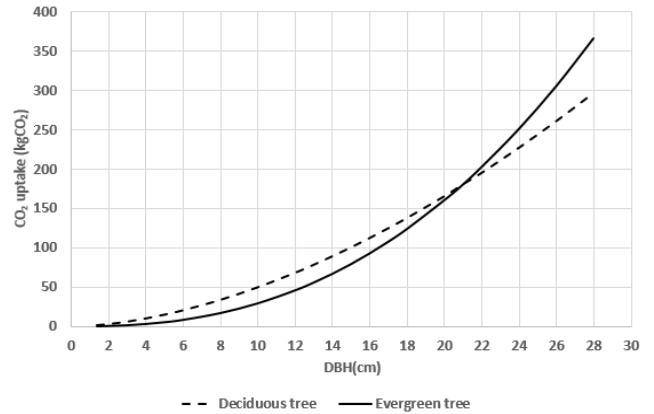


Fig. 2. Changes in CO₂ uptake on according to DBH (Data Source: National Institute of Forest Science)

Fig. 2.에서는 본 연구에 활용하고자 하는 데이터를 바탕으로 흉고 직경에 따른 이산화탄소 흡수량을 검토하였다. 흉고직경 20cm(수고로 환산 시 약 6m)를 넘어서면서 상록수의 이산화탄소 흡수량이 낙엽수를 추월하는 것을 확인할 수 있었다. 다만, 조경수의 일반적인 수고 및 생태면적률에서 인정되는 도시수목 규모를 고려했을 때 해당 범위 안에서는 낙엽수의 가치가 더 높게 산정될 것으로 사료된다.

3. 생태면적을 평가 방법 및 기준 제안

3.1. 생태면적률 등급화 기준 개선 제안

2장에서 요소 별 상관관계 검토 결과를 고려했을 때, 건폐율과 법정건폐율은 생태면적과 생태면적률에 비교적 강한 음의 상관관계를 보였으며 특히 법정건폐율은 사업대상지별로 상이한 조건을 가지는 요소이기 때문에 확보 가능한 생태면적 또한 제한될 수 있음을 확인하였다. 사업대상지별 서로 다른 조건으로 제한된 기준면적 환경에서 동일한 생태면적률 기준으로 평가했을 때, 평가의 출발점을 동일 선상에 맞출 수 있을 뿐만 아니라 건축주로 하여금 생태면적률이라는 항목을 평가하는 기본 취지인 생태면적을 늘리는 방향으로 유도할 수 있을 것으로 사료된다. 생태면적률 지표가 활용되는 현 제도³⁾ 내에서 평가항목의 수준제고를 위한 외부공간 설계를 진행한다 하여도 법정건폐율에 근거한 사업성 측면과 연계되어 활용 가능한 외부공간이 한정적일 수밖에 없으며, 반대로 건폐율이 낮은 대상지에 조성되는 건축물의 경우 외부공간에 대한 별다른 노력 없이도 생태면적률 항목에서 높은 점수를 차지하게 되어 프로젝트별 투입된 재원과 외부공간의 지속가능성을 제고하고자 하는 노력의 결과가 대지의 생태적 환경개선에 영향을 미치도록 유도하는 생태면적률 제도의 도입취지에 반하는 불합리한 상황이 발생하게 되기 때문이다.

이에 본 연구에서는 기존의 녹색건축인증 내 생태면적률 식(Eq. 1) 결과에 따라 건축물 용도별 차별화된 구간폭을 활용하여 등급을 구분하는 방식에서, 기존의 생태면적률 산정 개념은 그대로 준용하면서도 법정건폐율을 추가로 고려하여 한정된 조건 내에서 생태면적률 제고를 위해 노력한 수준을 평가할 수 있는 기준(Eq. 2)을 활용함으로써 건축물 유형별로 통합된 등급화 기준을 활용하는 방법을 제안하였다.

$$\text{생태면적률(\%)} = \frac{\text{생태면적}(m^2)}{\text{전체대지면적}(m^2)} \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

$$\text{생태면적률 제고수준} = \frac{\text{생태면적률(\%)}}{100 - \text{법정건폐율(\%)}} \quad (\text{Eq. 2})$$

또한 기존 등급 평가체계와 연계된 타 기준과의 연동성을 유지하기 위해 본 장에서는 제안된 생태면적률 제고수준 평가 방법을 바탕으로 기존의 인증사례가 유사한 등급결과를 도출할 수 있도록 하는 기준을 재설정 및 제안하였다(Table 4.).

제안된 생태면적률 제고수준 평가 방법은 법정건폐율을 고려한 방식이므로 주거와 비주거의 평가기준을 구분할 필요가 없게 되어 건물용도 등과 무관하게 동일한 기준으로 평가할 수 있는 장점을 가진다. 새로운 평가방식 적용 시 주거용 건축물은 기존에 비해 평균 0.13 등급 수준으로 상향하였으며, 비주거용 건축물 등급은 기존에 비해 0.32 등급 수준으로 상향되어 평가방식 변경에 의한 기존 등급과의 차이가 크지 않음을 확인할 수 있었다.

Table 5.에서는 기존 평가방식의 등급과 새로운 평가방식의 등급 결과를 비교하였다. 주거용 건축물의 경우 수정된 방법과 기존 적용 시 분산 1.21, 표준편차 1.10 로 사례 간 등급 차이 수준이 높아졌으며, 비주거용 건축물은 수정된 방법과 기존 적용 시 분산 1.29, 표준편차 1.13 로 사례 간 등급 차이 수준이 낮아져 기존 평가 방법 대비하여 주거/비주거 건축물의 등급 편차 수준이 균형을 이루는 것을 확인할 수 있었다.

3.2. 식재유형 환산면적 개선 제안

2.3절에서 검토한 흉고직경에 따른 이산화탄소 흡수량을 바탕으로 Fig. 3.과 같이 생태면적률 수고 범위 별 탄소흡수량 중앙값을 검토하여 환산면적 조정 기준을 마련하고자 하였다. 기존의 환산면적이 단순히 조정기준에서 제시하는 수고 기준에 따라 비례적으로 값을 부여했다면, 개선된 환산면적은 수목의 입체적인 가치인 탄소흡

수량을 바탕으로 산정했다는 것에 의의가 있다. 수고의 범위는 기존 G-SEED 생태면적률에서 제시되는 0.3~1.5m, 1.5~4m, 4~5m 구간에 5~6m에 대한 범위만 추가하였는데, 기존 수고의 범위가 조정 기준에 의거하여 설정된 것이므로 이를 조정할 경우 국내에서 생산 및 공급되는 조경수목과 연계하기 어려우므로 제시된 범위를 조정하지 않고 그대로 사용하였다. 다만, 5~6m에 대한 범위는 임의로 추가한 것이므로 수정될 수 있다.

베이스라인 설정 기준에 따라 조정안이 달라질 수 있는데 기존안과 같이 낙엽수와 상록수에 같은 환산면적을 부여할 경우 0.3 ≤ H < 1.5 구간에 대한 낙엽수 및 상록수 평균 탄소흡수량을 베이스라인으로 설정할 수 있다. 이럴 경우, 0.3 ≤ H < 1.5 구간에서 기존 값인 0.1이 유지되고, 1.5 ≤ H < 4.0 구간에서 0.9가 되어 기존 값인 0.3에 비해 3배 상승하였으나 4.0 ≤ H < 5.0 구간에서는 3.0이 되어 기존 값과 동일해지는 것을 확인하였다. 두 번째 베이스라인 설정 기준은 최소값인 0.3 ≤ H < 1.5 구간의 상록수 탄소흡수량을 기준으로 하는 것이며 환산면적 조정 결과는 다음과 같다. 0.3 ≤ H < 1.5 구간에서 상록수 0.1,

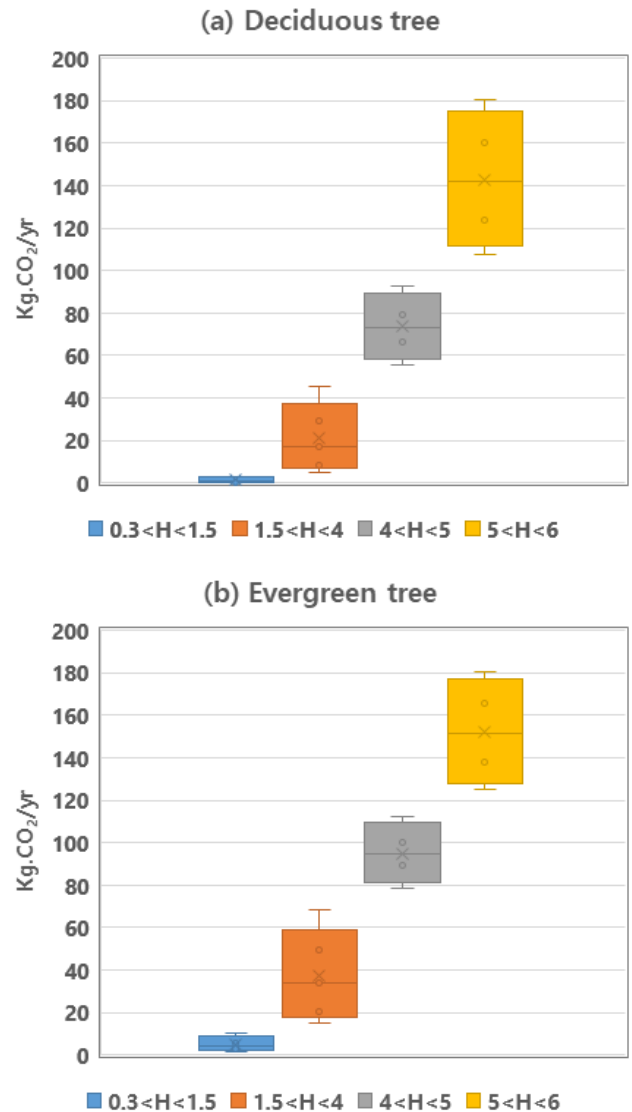


Fig. 3. Changes in CO₂ uptake of (a) Deciduous and (b) Evergreen trees according to DBH

Table 4. Suggestions for changes in grade standard

| Grade | Existing | | Modified |
|-------|----------------------|--------------------------|------------|
| | Residential building | Non-residential building | Integrated |
| 1 | 55%~ | 40%~ | 0.9~ |
| 2 | 45~55% | 35~40% | 0.75~0.9 |
| 3 | 35~45% | 30~35% | 0.60~0.75 |
| 4 | 30~35% | 25~30% | 0.45~0.60 |
| 5 | 5~30% | 5~25% | 0.30~0.45 |

Table 5. Grade changes according to change in assessment expression

| Comparison of grade changes | Residential building (n=30) | | Non-residential building (n=30) | |
|-----------------------------|-----------------------------|----------|---------------------------------|----------|
| | Existing | Modified | Existing | Modified |
| Average | 3.53 | 3.40 | 3.93 | 3.62 |
| Variance | 0.46 | 1.21 | 1.92 | 1.29 |
| Standard deviation | 0.68 | 1.10 | 1.39 | 1.13 |

낙엽수 0.4로 낙엽수의 가치가 상승하였고 1.5≤H<4.0 구간에서 상록수 1.6, 낙엽수 3.2로 기존값인 0.3에 비해 가장 큰 비율로 상승함을 확인하였다. 4.0≤H<5.0 구간에서는 상록수 6.9, 낙엽수 9.0으로 역시 기존값인 3.0에 비해 상승하였다.

4. 결론

본 연구에서는 G-SEED의 생태환경 분야에 대한 환경계획지표로서 활용되는 생태면적률이 현실적인 여건을 반영하여 적용될 수 있도록 문제점과 개선방안 제시하였다.

본 연구에서 지적한 첫 번째 문제점은 생태면적률을 산정하는 기준면적이 대지면적으로 설정됨에 따라 사업대상지별 서로 다른 제한조건을 반영하지 못했다는 것이다. 이 문제점을 검토하기 위해 G-SEED 평가가 수행된 인증사례 60건에 대한 데이터베이스를 구축하고, 상관성 분석을 통해 평가요소 별 영향을 분석하였다. 법정건 폐율이 사업대상지의 서로 다른 조건을 반영할 수 있는 요소임에 착안하여 이를 고려한 생태면적률 제고수준 평가 방법을 제안하고, 통합된 기준에 따라 등급이 최대한 변화되지 않도록 새로운 등급화 구간을 제안하였다. 또한, 통합 기준에 따른 인증사례 결과의 변화를 검토하였는데, 통합 기준 적용 결과 주거용 건축물과 비주거용 건축물에서의 등급 편차 수준이 유사하게 도출되어 기존에 비해 등급 간 균형을 이루는 결과를 도출하였다.

두 번째 문제점은 식재유형에 대한 환산면적이 단순히 조경기준에서 제시한 수치에 따라 할당되어 있어, 실제적인 환경영향을 반영하지 못함에 따라 식재유형 요소와 생태면적 결과 간 낮은 상관성을 보이는 점이다. 이를 개선하기 위해 국내에서 수행된 수목 탄소흡수량 관련 선행연구 분석 및 수종 및 수고에 따른 탄소흡수량 증가율을 바탕으로 새로운 환산면적을 제시하였다.

본 연구에서 분석된 인증사례의 표본수가 주거/비주거 별 30개대로 적어 구체적인 해석에 한계가 있었다. 식재유형 환산면적 조정안을 제시하기 위한 부분에서도 일부 한계점이 있는데, 수종 및 수고 별 탄소흡수량을 검토하기 위해 회귀 표본수가 많은 국립산림과학원의 도시숲 관련 연구결과를 참고하였으나 이는 기본적으로 산림수목에서 유도된 계수를 바탕으로 한 채적식에 근거하므로 정확도에 한계가 있다. 조경수종은 50개 내외로 비교적 한정적이므로 향후 조경수종에 대한 직접수확법에 의한 탄소흡수량 연구가 체계화된다면 이를 반영하는 것이 더욱 합리적일 것으로 사료된다.

Acknowledgement

본 연구는 2023년도 산업통상자원부(MOTIE)의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다 (No.20212020800050).

References

[1] 생태면적률 적용 지침, 환경부, 2016.7. // (Guidelines for the Application of Biotope Area Ratio, Ministry of Environment, 2016.7.)

[2] 장대희, 녹색건축인증 내 운영현황 분석을 통한 생태면적률 개선방안 제안, KIEAE Journal, 제21권 제4호, 2021, pp.11-16. // (D. Jang, Proposal of improvement plan for ecological area ratio through analysis of operation status in Green Building Certification (G-SEED), KIEAE Journal, 21(4), 2021, pp.11-16.)

[3] 생태면적률 개선방안 수립 학술연구용역, 서울특별시, 2015.12. // (Establishment of measures to improve biotope area ratio academic research service, Seoul Metropolitan, 2015.12.)

[4] T. Emission, J. Persson, A critical analysis of the biotope-focused planning tools: Green Space Factor, Department of Landscape management, Design and Construction, Swedish University of Agricultural Sciences, 2015, pp.1-33.

[5] City of Seattle Department of Planning & Development, Clarifying landscape standards, including Seattle Green Factor, 2011, pp.2-16.

[6] J. Cohen, Statistical power analysis for the behavioural sciences, second edition, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.

[7] J.P. Guilford, Fundamental statistics in psychology and education, third edition, New York: McGraw-Hill, 1956.

[8] 탄소지킴이 도시숲, 국립산림과학원, 2012.12. // (Urban forest, a carbon keeper, National Institute of Forest Science, 2012.12.)

[9] 손영모, 김경남, 표정기, 서울시 가로수의 재적식 개발 및 탄소저장량 평가, 농업생명과학연구, 제50권 제1호, 2016, pp.95-104. // Y.M. Son, K.N. Kim, J.K. Pyo, Developing volume equation of street tree and its carbon stock for urban forest in Seoul, Journal of Agriculture & Life Science, 50(1), 2016, pp.95-104.)

[10] 이관규, 아파트단지의 녹지 지속가능성 지표 개발, 서울대학교 박사학위논문, 2003. // (G. Lee, Sustainability indicators of greenspace in apartment sites, Doctoral dissertation, Seoul National University, 2003.)

[11] 박은진, 강규이, 경기도 도시가로수의 탄소저장량과 연간 이산화탄소 흡수량, 한국환경생태학회지, 제24권 제5호, 2010, pp.591-600. // (E. Park, K. Kang, Estimation of C storage and annual CO₂ uptake by street trees in Gyeonggi-do, Korean Journal of Environment and Ecology, 24(5), 2010, pp.591-600.)

[12] 조현길, 김진영, 박혜미, 도시 상록 조경수의 탄소저장 및 흡수 - 소나무와 잣나무를 대상으로 -, 한국환경생태학회지, 제27권 제5호, 2013, pp.571-578. // (H. Jo, J. Kim, H. Park, Carbon storage and uptake by evergreen trees for urban landscape - For pinus densiflora and pinus koraiensis -, Korean Journal of Environment and Ecology, 27(5), 2013, pp.571-578.)

[13] 조현길, 안태원, 도시 낙엽성 조경수종의 탄소저장 및 흡수, 한국조경학회지, 제40권 제5호, 2012, pp.160-168. // (H. Jo, T. Ahn, Carbon storage and uptake by deciduous tree species for urban landscape, Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture, 40(5), 2012, pp.160-168.)

[14] 국토교통부, (사)한국기후변화학회, 토지 이용을 기반으로 정주지 온실가스 통계 산정 방안 연구, 대한민국: 국토교통부, (사)한국기후변화학회, 2018. // (Ministry of Land, Infrastructure and Transport, The Korean Society of Climate Change Research, A study on the estimation of greenhouse gas statistics based on land use, South Korea: Ministry of Land, Infrastructure and Transport, The Korean Society of Climate Change Research, 2018.)

1) 국토교통부고시 제2021-1778호, 「조경기준」

2) 한국건설기술연구원 (2021.11.01.) G-SEED 2016-6v1 녹색건축 인증 기준 해설서.

3) 녹색건축물 조성지원에 관한 법률에 따른 녹색건축인증 대상, 환경부 환경영향평가 대상에 대한 생태면적률 활용 및 지자체별 녹색건축 설계기준 내 생태면적률 활용 제도 등