

창덕궁 궁궐숲의 바이오매스 상대생장식을 활용한 탄소 저장량 연구[†]

Carbon Storage Assessment of Changdeokgung Palace Forest Based on Biomass Allometric Equations[†]

김윤철^{*,**}, 한봉호^{***}, 박석철^{****}

^{*}서울시립대학교 조경학과 박사수료, ^{**}서울시립대학교 환경생태연구실 연구원, ^{***}서울시립대학교 조경학과 교수, ^{****}서울시립대학교 도시과학연구원 연구원

Kim, Youn-Choul^{*,**} Han, Bong-Ho^{***}, Park, Seok-Cheol^{****}

^{*}Ph.D. Candidate, Dept. of Landscape Architecture, University of Seoul

^{**}Researcher, Environmental Ecology Institute, University of Seoul

^{***}Professor, Dept. of Landscape Architecture, University of Seoul

^{****}Researcher, Urban Science Research Institute, University of Seoul

Received: May 4, 2026

Revised: May 12, 2026

Accepted: June 1, 2026

3인익명 심사필

Corresponding author :

Bong-Ho Han

Professor, Dept. of Landscape

Architecture, The University of

Seoul, Seoul 02504, Korea

Tel.: +82-2-6490-2844

E-mail: hanho87@uos.ac.kr

국문초록

창덕궁 후원 숲은 조선시대부터 이어져 온 역사적인 숲으로, 서울의 성장과 함께해 온 도시숲이자 역사문화경관숲이다. 본 연구는 생태·경관보전지역이며 1997년 유네스코 세계문화유산으로 등재된 창덕궁을 대상으로 교목·아교목의 탄소 저장량을 산정하여 대도시 내 궁궐숲의 기능적 가치를 정량적으로 평가하고자 하였다. 2020년부터 2023년까지 총 31개 권역(후원 숲 24권역, 전각 주변 식재지 7권역)에서 759개 방형구를 대상으로 수행되었다. 후원 숲에서는 흉고직경 20cm 이상 개체를 전수조사하고, 6-20cm는 방형구법 조사 후 표본조사 하였다. 전각 주변에서는 흉고직경 6cm 이상 수목을 대상으로 흉고직경, 수고, 지하고, 수관폭을 측정하였다. 창덕궁 궁궐숲에서는 총 333종(관목·초본 포함)이 확인되었으며, 교목·아교목은 78종, 전각 권역은 37종이었다. 주요 수종은 건조지성 참나무류와 계곡부에는 갈참나무, 느티나무, 말채나무 등이었다. 매목조사를 한 교목·아교목은 총 7,988주로 전체 탄소 저장량은 7,905.260tC로 추정되며, 창덕궁 후원 숲 권역은 6,372.228tC, 전각 권역은 1,533.032tC를 저장하고 있었다. 세부적으로 후원 숲권역(7,644주)은 소나무(984주)의 본수가 가장 많았으나, 수종별 탄소 저장량은 느티나무(836주)가 2,685.565tC로 압도적으로 높았으며 졸참나무와 상수리나무가 그 뒤를 이었다. 전각 권역(344주) 역시 소나무(142주)가 가장 많이 분포하였으나, 탄소 저장량은 단 14주에 불과한 느티나무가 747.493tC로 가장 높았고 회화나무와 은행나무 순으로 분석되었다. 이는 궁궐숲의 탄소 저장량이 본수보다는 흉고직경이 큰 대경목 및 노거수의 분포에 의해 결정적 영향을 받고 있음을 시사한다. 본 연구는 서울 도심 궁궐숲의 교목·아교목의 수고와 흉고직경에 기반한 바이오매스 상대생장식에 따른 탄소 저장량을 정량적으로 제시하고, 역사적 가치와 더불어 도시숲의 기능적 가치를 규명하였다는 점에서 의미를 갖는다.

주제어: 도시숲, 역사문화경관숲, 탄소저장, 현존식생, 수목조사

ABSTRACT

This study aims to quantitatively evaluate the functional value of urban palace forests by estimating the carbon storage of canopy and sub-canopy layers in Changdeokgung Palace. As a UNESCO World Heritage site (1997) and a designated Ecosystem and Landscape Conservation Area, Changdeokgung represents a crucial historical cultural landscape that has evolved alongside the city of Seoul since the Joseon Dynasty. Field surveys were conducted from 2020 to 2023 across 31 zones (24 in the rear garden and 7 in the building precincts), utilizing a total of 759 sample plots (quadrats). In the rear garden forest, a complete census was performed for trees with a diameter at breast height (DBH) of 20 cm or more, while trees between 6 and 20 cm were surveyed using quadrat sampling. In the building precincts, all trees with a DBH of 6 cm or more were measured for DBH, tree height, clear bole height, and crown width. A total of 333 taxa were identified, including 78 canopy and sub-canopy tree species in the forest areas and 37 in the building precincts. Dominant species included xeric oaks on ridges and slopes, while *Quercus aliena* Blume, *Zelkova serrata* (Thunb.) Makino, and *Cornus walteri* were prevalent in valley areas. The total carbon storage for the 7,988 measured trees was 7,905.260 tC, comprising 6,372.228 tC from the rear garden and 1,533.032 tC from the building precincts. In

[†]본 연구는 문화재청에서 발주한 「동궐(창덕궁)의 전통경관 고증 및 조경복원정비 종합계획 연구」(2020. 12.)의 지원을 받아 수행되었으며, 저자는 해당 연구의 조사 및 데이터 가공 과정에 참여하였다.

the rear garden, *Pinus densiflora* was the most abundant (984 individuals), but *Zelkova serrata* (Thunb.) Makino (836 individuals) exhibited the highest carbon storage at 2,685.565tC, followed by *Quercus serrata* and *Quercus acutissima* Carruth. Similarly, in the building precincts, *Pinus densiflora* was the most frequent (142 individuals), yet *Zelkova serrata* (Thunb.) Makino (14 individuals) accounted for the highest carbon storage (747.493tC), followed by *Styphnolobium japonicum* (L.) Schott and *Ginkgo biloba* L. The results demonstrate that carbon storage is significantly influenced by large-diameter and ancient trees. This study is significant for providing quantitative baseline data on carbon storage using biomass allometric equations, thereby elucidating the ecological and functional value of historical palace forests in the heart of Seoul.

Keywords: Urban Forest, Historic Cultural Landscape Forest, Carbon Storage, Actual Vegetation, Tree Survey

1. 서론

수도 서울은 조선 태조 이성계(1394) 한양 천도 이후 시작되었다. 북악산 줄기인 응봉 자락에 위치한 창덕궁 후원 숲은 1405년(태종 5년)에 창덕궁과 함께 시작되었다. 창덕궁은 이궁으로 계획되었지만 임진왜란으로 경복궁이 훼손되어 약 270여 년간 조선의 법궁 역할을 하였다. 창덕궁 후원 숲은 500여 년간 왕정과 함께하였고, 일제 강점기인 1912년에 일반인에게 개방되었다. 이후 일본의 총독부는 시구개정사업(1912년)을 시작으로 전통적인 도시공간 구조를 변화시키면서 서울의 도시 기반이 시작되었다(김기호, 1995). 서울은 1962-2017년 동안 도시화가 진행되면서 기온 상승률이 약 1.7°C까지 도달하였으며, 도시 성장이 열섬현상과 관련이 있다고 하였다(Hong et al, 2019). 산림과 공원녹지는 탄소발생을 저감시키고, 도심의 불투수포장, 교통량, 건폐율은 탄소발생을 증가시킨다고 하였다(김인현 등 2011; 이수진 등, 2019; 성욱제와 엄정희, 2023). 우리나라는 2021년 9월 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장기본법을 제정하였고, 서울특별시 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본조례를 제정하였다.

창덕궁 후원의 수목은 1973년 목본식물 총 102종, 침엽수 약 18종(외래종 7종) 활엽수 84종(외래종 8종) 우점종으로는 참나무, 측백나무, 뽕나무가 있었으며, 전나무와 소나무류가 고사하고 있다고 하였으며, 1982년의 식물상은 목본 120종, 자생종 88종, 식재 32종, 우점종으로는 느티나무, 갈참나무, 신갈나무이며, 해방 직전과 비교하여 소나무, 느티나무, 갈참나무와 개벚나무 등이 많이 고사했다고 하였다(문화재관리국, 1990). 오규균과 이경재(1986)는 창덕궁 후원 자연 식생의 식물사회학적 연구에서 참나무림이 전체 산림의 71.3%가 차지하며, 소나무림은 도태종이라고 하였다. 창덕궁 참나무시들음병 발생은 2009년 최초 발생하여 2012년에는 95주를 발해하였다(문화재청 창덕궁관리소, 2013). 창덕궁 후원 관련 생태계 연구는 1986년에 시작하였다(한봉호 등, 2009). 1990년, 1992년, 1995년, 1998년, 2001년, 2006년에 식물분포, 식물군집 등을 조사하였다(Park et al, 2021). 2008년, 2017년, 2020년, 2023년에 걸쳐 식생분포, 식생구조 등에 대하여 서울시립대학교 환경생태연구실에서 수행하였다.

탄소 저장량을 산정하는 주요 자료는 비오톱지도, 항공영상자료, 입목측적, 기후자료, 토양자료 등을 활용하고 있다. 국내의 산림의 탄소 저장량 산정 가능 방법에는 BEAMS, CEVSA, MCI, VISIT, CBM-CFS3, InVEST, Forest Growth Model, Statistical Model 등의 다양한 방법이 있다(최현아 등, 2014). 이재영 등(2024)은 선릉·정릉의 역사경관림의 탄소 저장량을 i-Tree Eco로 산정하였다. 최근에는 비오톱지도를 활용하여 경기도 용인특례시를 대상으로 바이오매스 상대성장식으로 산림 탄소 저장량을 산출하였다(이학기, 2026).

다양한 탄소 저장량 산출식 중에 국립산림과학원(2014)은 주요 수종별 흉고직경(DBH), 수고의 측정값으로 탄소 저장량을 산출할 수 있는 바이오매스 상대성장식을 개발하였다. 개발 방식은 현지조사, 원판 및 시료측정, 재적 및 밀도, 바이오매스 확장계수, 뿌리 측정 등의 절차를 통해 탄소배출 계수를 도출하고 「산림 바이오매스 및 토양탄소 조사·분석 표준(2007)」에 따라 산출된다. 입목 바이오매스 상대성장식은 축적변화에 따라 산정하여 토양탄소, 고사유기물은 산정하지 않고 탄소 저장량 산출하는 방식이다. 기후변화 대응에 중요한 요소로 받아들여지는 이산화탄소의 흡수원인 숲은 도시의 탄소저장뿐 아니라 도시 열섬현상 완화, 도시미관 개선, 여가공간 제공, 미세먼지 저감 등의 역할을 하고 있어 그 요구가 증대되었다. 도시숲에 식재된 다양한 수목은 미세먼지 저감효과를 가지며, 숲 중심으로 갈수록 낮아지는 경향이 있다고 하였다(엄권욱 등, 2025).

창덕궁 후원 숲을 국도숲이라 하며 도시 깊숙이 들어온 산줄기, 도시를 둘러싸고 있으며, 산줄기의 특징을 적극 활용하여 만들어진 정원숲이라고 하였다(이기봉, 2009). 현대적으로 도시숲이면서 역사문화경관을 가지고 있으며, 생태적으로 중요한 지위에 있고, 탄소저감이라는 기후위기 시대에 중요한 역할을 하며 역사적으로 국가에서 관리한 숲이므로 이러한 숲은 궁궐숲이라 하여 일반적인 도시숲과의 차별성을 두었다.

본 연구에서는 궁궐숲을 과거 국가에서 관리했던 공간으로서, 현재 역사·문화적 특성을 지닌 곳으로 확인되는 공간을 조작적으로 정의하였다. 이를 바탕으로 창덕궁 궁궐숲 수목 자료를 활용해 정량적으로 탄소 저장량을 산출하였다. 본 연구 결과는 세계문화유산 창덕궁 궁궐숲이 가지고 있는 기능적 가치인 탄소 저장량의 기초자료로 활용될 수 있다.

2. 연구방법

2.1 연구 대상지

창덕궁은 서울의 5대 궁궐 중 하나이며, 아궁의 목적으로 건설되었지만 임진왜란 때 경복궁이 소실되어 실제로는 250여 년 동안 법궁으로 사용되어 왔다. 또한 후원은 자연과의 조화가 탁월한 점에서 1997년 유네스코 세계문화유산으로 등재되었다(UNESCO, 2026). 창덕궁 후원 숲은 생태경관보전지역으로 2006년에 지정(서울특별시고시 제2006-264호)되어 현재까지 모니터링 및 관리가 이루어지고 있다.

창덕궁 생태·경관보전지역의 면적은 440,707m²이다(서울특별시, 2006). 서울시 녹지축을 지나는 창덕궁은 서울특별시 종로구 을곡로99(와룡동 2-71번지)에 위치하며 중심좌표는 N(북위)37° 34'46.14", E(동경)126° 59'28.23"이다. 창덕궁 후원 숲 권역과 창덕궁 전각 권역 식재지를 대상으로 하였다. 현존식생 조사와 매목조사를 진행하였고, 교목·아교목을 대상으로 바이오매스 상대생장식을 활용한 탄소 저장량을 산출하였다.

2.2 연구 방법

2.2.1 현존식생

현존식생 조사는 2023년 10월 13일과 2023년 11월 14일에 실시하였다. 창덕궁 후원 숲 내 출현하는 우점식생 군락의 분포를 파악하기 위해 교목층 식생상관을 기본으로 서울시 1/1000 수치지형도에 현존식생도를 작성하였다.

2.2.2 매목조사

창덕궁 후원 숲은 동선과 지형적 특성을 고려하여 24권역으로 분류하였으며, 전각 권역 식재지는 7권역 총 31개 권역으로 구분하고, 권역 내 총 759개의 방형구를 설정하여 조사하였다. 조사 일정은 2020년 7월 11일부터 2023년 11월 14일이었다. 흉고직경 6cm 이상 수목을 대상으로 수종별, 경급별로 측정을 수행하였다. 흉고직경 20cm 이상 교목은 전수 조사하였다.(문화재청, 2020). 이후 아교목도 전수 조사하였다. 6cm 이상 20cm 미만은 방형구법(quadrat method)으로 흉고직경(cm), 수고(m), 지하고(m), 수관폭(m × m)을 조사 후 표본조사를 수행하였다. 권역 내 방형구는 20 × 20m, 10 × 10m 구분하여 흉고직경(cm), 수고(m), 수관폭(m × m)을 조사하였다(그림 1 참조).

2.2.3 탄소 저장량 산출식

탄소 저장량 산출은 국립산림과학원(2014)이 개발한 바이오매스 상대생장식을 활용하여 산출하였다. 탄소 저장량 산출방법에는 IPCC 산출식(2006), 원격탐사, 위성영상활용, 회귀모델식, 바이오매스 상대생장식(국립산림과학원, 2014), 직접수확법(김학구 등, 2023a; 김학구 등, 2023b) 및 회귀식모델(산림청, 2020)이 있다. 바이오매스 상대생장식은 식물의 상대생장관계를 통해 각 부분의 값을 추정하는 방법이다. IPCC 2006년 가이드라인은 국가 차원에서 온실가스를 정확하게 측정하기 위해 필요한 자료와 방법론을 체계적으로 정리한 지침서에 따르면 수종별 바이오매스 상대생장식에 의한 탄소흡수/저장량 평가는 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)가 제시하는 탄소 저장량 평가는 Tier 3 수준으로 국가 통계 작성에 있어 국제적 신뢰도를 확보할 수 있다(IPCC, 2006). 산림지역 교목·아교목은 바이오매스 상대생장식이 적합하다고 하였다(이학기, 2026). 전각 주변은 조경수 식재지이지만 숲과 인접하고 궁궐 내부에 있어 도심의 시가지 지역으로 분류하기에는 어려워 바이오매스 상대생장식으로 적용하였다. 바이오매스 상대생장식은 수고와 흉고직경을 이용하는 방법이 있으며, 흉고직경만 이용하는 방법이 있다. 또한 계산 방법은 식물의 부위별로 뿌리, 줄기, 가지, 잎을 구분하여 계산한다. 잎은 겨울에 호흡이 적고 낙엽할 때는 낙엽이 되어 계절과 환경에 영향을 받으므로 제외하였다. 통계학적으로 대수의 법칙에 따라 오류 없는 데이터로 수고와 흉고직경을 적용하여 산출되고, 적합도 수치가 높은 수고와 흉고직경값을 대입하는 바이오매스 상대생장식을 적용하였다. 적용 층위는 교목, 아교목을 대상으로 하였고, 고사목 및 관목은 창덕궁 경관을 위해 하층식재 관리가 이루어지므로 제외하였다.

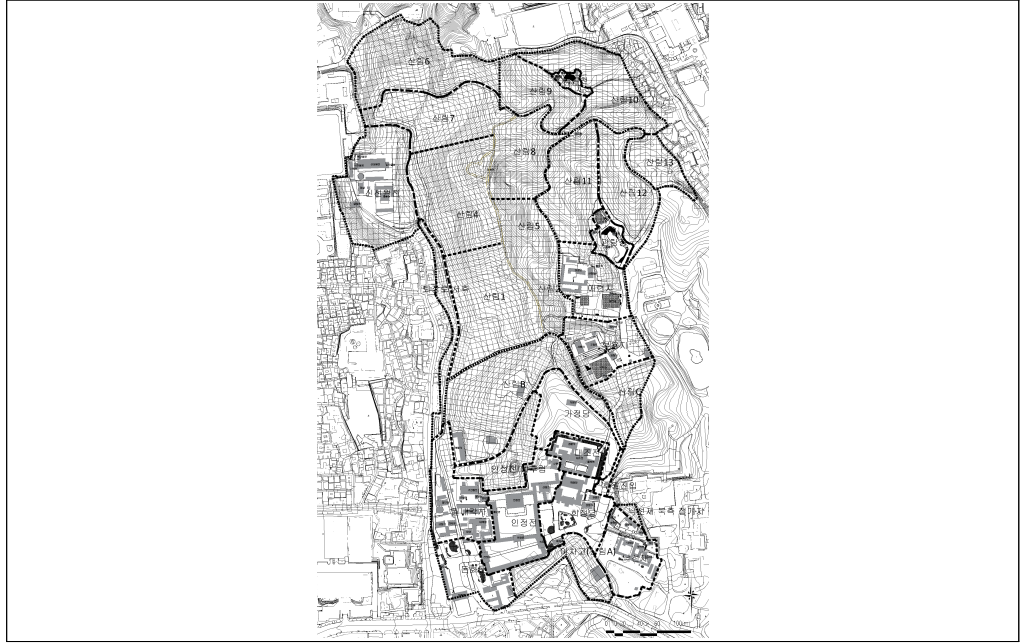


그림 1. 대상지 권역 구분 및 방형구

$$\text{탄소 저장량} = aD^b \times CF \tag{식 1}$$

a, b: 상수, D: 흉고직경, CF: 탄소전환계수(침엽수 0.51, 활엽수 0.48)

$$\text{탄소 저장량} = aD^bH^c \times CF \tag{식 2}$$

a, b, C: 상수, D: 흉고직경, H: 수고, CF: 탄소전환계수(침엽수 0.51, 활엽수 0.48)

국립산림과학원(2014)에 발표한 바이오매스 상대생장식(식 2)을 사용하고 적용표의 수종을 기본으로 적용하였으며, 대경목의 경우 각 수종별 최대범위로 적용하였다(표 1 참조). 바이오매스 상대생장식에 표기되지 않은 수종은 동일과에 속해 있는 수종을 1차 적용하였다. 바이오매스 상대생장식에 없고 동일과에도 없는 수종은 유사한 형태형질로 서어나무 3종, 자작나무 45종, 백합나무 21종, 신갈나무 8종, 편백나무 2종, 중부지방소나무 3종을 선택하였다. 표 1에 없는 수종과 대경목은 적용범위를 벗어나 적은 값이 더해져 실제보다 낮은 추정값이 도출되었다.

표 1. 주요 수종별 바이오매스 상대생장식 적용 범위

연번	수종	적용범위(cm)	연번	수종	적용범위(cm)
1	강원지방소나무	6-70	12	줄참나무	6-30
2	중부지방소나무	6-40	13	아까시나무	6-30
3	리기다소나무	6-40	14	자작나무	6-40
4	곰솔	6-40	15	서어나무	6-30
5	갯나무	6-40	16	튐나무	6-50
6	일본잎갈나무	6-50	17	밤나무	6-30
7	삼나무	6-50	18	현사시나무	6-40
8	편백	6-50	19	구실갯참나무	6-30
9	상수리나무	6-30	20	붉가시나무	6-40
10	굴참나무	6-50	21	동백나무	6-25
11	신갈나무	6-40	22	증가시나무	6-30

출처: 한국 주요 수종별 탄소배출계수 및 바이오매스 상대생장식(국립산림과학원, 2014) 자료 재구성.

3. 결과 및 고찰

3.1 현존식생

창덕궁 궁궐숲의 현존식생 분석결과 산림지역이 68.4%, 건폐지가 20.2% 분포하였다. 산림지역 주요 식생은 건조지성 참나무류 35.1%로 가장 넓은 면적을 차지하였으며, 졸참나무 우점군락(19.7%), 느티나무 우점 군락(10.8%), 상수리나무 우점군락(9.6%), 소나무 우점 군락(7.8%) 갈참나무 우점 군락(7.6%) 순으로 분포하였으며, 그 외 기타 낙엽활엽수(6.3%), 굴참나무(4.1%), 신갈나무(1.8%) 군락이 뒤를 이었다.

지형적 특성에 따른 분포를 살펴보면, 북서측 산림은 능선과 사면부에 건조지성 참나무류가 분포하였다. 계곡부는 자생종 낙엽활엽수림이 분포하였고, 일부 갈참나무림이었다. 연경당과 옥류천이 연결되는 동측 산림 계곡부에 갈참나무림이 가장 넓게 형성되어 있었다. 외래종 낙엽활엽수림(0.04%), 도시환경변화지표종(0.4%), 관목식재지(0.3%) 등은 소규모로 산재해 있었다. 느티나무군집의 면적은 47,710m²(10.86%)으로 가장 넓었으며, 다음이 상수리나무군집 42,775m²(9.72%), 소나무군집 34,440m²(7.84%), 굴참나무군집 19,470m²(4.43%), 갈참나무군집 19,069m²(4.33%), 밤나무림 10,864m²(2.47%) 순으로 분석되었다(표 2, 그림 2 참조).

건조지성 참나무류는 굴참나무, 상수리나무, 신갈나무, 졸참나무가 생육하고 있었고, 계곡부에는 갈참나무, 느티나무, 말채나무 등이 생육하고 있었다. 소나무 등 자생종 침엽수는 서측 산책로를 따라 분포하였다. 식재되었거나

표 2. 창덕궁 후원 생태경관보전지역 현존식생 면적 및 비율

대분류	중분류	면적(m ²)	비율(%)	대분류	중분류	면적(m ²)	비율(%)	
A. 자생종 침엽수림 (8.43%)	A-1. 소나무림	25,969	5.9	C. 건조지성 참나무류 자연림 (35.06%)	C-5. 상수리-갈참나무림	9,985	2.3	
	A-2. 소나무-갈참나무림	575	0.1		C-5. 상수리나무-갈참나무림	3,322	0.8	
	A-3. 소나무-상수리나무림	280	0.1		C-6. 상수리나무-굴참나무림	2,127	0.5	
	A-4. 소나무-졸참나무림	403	0.1		C-7. 상수리나무-느티나무림	831	0.2	
	A-5. 소나무-느티나무림	717	0.2		C-8. 상수리나무-단풍나무림	327	0.1	
	A-6. 소나무-옻나무림	301	0.1		C-9. 상수리나무-말채나무림	1,086	0.2	
	A-6-1. 소나무-산벚나무림	2,198	0.5		C-10. 상수리나무-밤나무림	2,867	0.7	
	A-6-2. 소나무-갯나무림	755	0.2		C-11. 신갈나무림	1,395	0.3	
	A-6-3. 소나무-전나무림	3,340	0.8		C-12. 신갈나무-갈참나무림	2,792	0.6	
	A-7. 주목-단풍나무림	117	0.03		C-13. 신갈나무-굴참나무림	2,545	0.6	
	A-8. 갯나무림	1,235	0.3		C-13-1. 신갈나무-졸참나무-밤나무림	1,013	0.2	
A-9. 전나무림	349	0.1	C-14. 졸참나무림		29,540	6.7		
B. 습윤지성 참나무류 자연림 (7.54%)	B-1. 갈참나무림	2,203	0.5		C-15. 졸참나무-갈참나무림	1,538	0.3	
	B-2. 갈참나무-소나무림	1,406	0.3		C-16. 졸참나무-굴참나무림	1,473	0.3	
	B-3. 갈참나무-상수리나무림	3,279	0.7		C-17. 졸참나무-상수리나무림	13,468	3.1	
	B-4. 갈참나무-신갈나무림	1,082	0.2		C-18. 졸참나무-신갈나무림	13,349	3	
	B-5. 갈참나무-졸참나무림	9,949	2.3		C-19. 건조지성 참나무류 혼효림	10,654	2.4	
	B-6. 갈참나무-느티나무림	327	0.1		C-20. 졸참나무-느티나무림	4,113	0.9	
	B-7. 갈참나무-말채나무림	195	0.04		C-21. 졸참나무-소나무림	78	0.02	
	B-8. 습윤지성 참나무류 혼효림	12,729	2.9		C-22. 졸참나무-밤나무림	185	0.04	
	B-9. 갈참나무-밤나무-갯나무림	1,017	0.2		C-23. 졸참나무-산벚나무림	2,484	0.6	
	B-10. 갈참나무-단풍나무-갯나무림	1,269	0.3		C-24. 졸참나무-갯나무림	6,859	1.6	
C. 건조지성 참나무류 자연림 (35.06%)	C-1. 굴참나무림	4,159	0.9		C-25. 졸참나무-은행나무-밤나무림	3,033	0.7	
	C-2. 굴참나무-산벚나무림	864	0.2		D. 자생종 낙엽활엽수림 (17.32%)	D-1. 느티나무림	30,204	6.9
	C-3. 굴참나무-졸참나무림	8,578	1.9			D-2. 느티나무-소나무림	376	0.1
	C-3-1. 굴참나무-상수리나무림	4,320	1	D-3. 느티나무-갈참나무림		979	0.2	
C-4. 상수리나무림	21,793	4.9	D-4. 느티나무-상수리나무림	879		0.2		

표 2. 계속

대분류	중분류	면적(m ²)	비율(%)	대분류	중분류	면적(m ²)	비율(%)	
D. 자생종 낙엽활엽수림 (17.32%)	D-5. 느티나무-말채나무림	1,352	0.3	F. 도시환경변화 지표종(0.38%)	F-1. 귀룽나무림	111	0.03	
	D-6. 느티나무-밤나무림	8,607	2		F-2. 귀룽나무-느티나무림	216	0.05	
	D-7. 느티나무-회화나무림	4,826	1.1		F-3. 귀룽나무-산벚나무림	739	0.2	
	D-7-1. 느티나무-옻나무림	517	0.1		F-4. 귀룽나무-졸참나무림	500	0.1	
	D-8. 단풍나무림	6,018	1.4	G. 관목식생지	G-1. 관목식생지	1,277	0.3	
	D-9. 밤나무림	6,463	1.5	H. 잔디식재지	H-1. 잔디식재지	2,908	0.7	
	D-10. 밤나무-갈참나무림	1,644	0.4		H-2. 조경수식재지	5,165	1.2	
	D-11. 밤나무-느티나무림	2,788	0.6	I. 벌채지 및 나지	I-1. 벌채지 및 나지	2,571	0.6	
	D-12. 말채나무림	82	0.02	J. 수계	J-1. 계곡수계	1,959	0.4	
	D-13. 말채나무-갈참나무림	308	0.1		J-2. 자연형수로	108	0.02	
	D-14. 산벚나무림	5,068	1.1		J-3. 인공수로	720	0.2	
	D-15. 옻나무림	2,374	0.5		J-4. 방지 및 연못	2,969	0.7	
	D-17. 옻나무-신갈나무림	250	0.1	K. 산책로	K-1. 산책로	24,330	5.5	
	D-18. 옻나무-졸참나무림	315	0.1	L. 시설지	L-1. 휴게시설	208	0.05	
	D-19. 회화나무림	685	0.2		L-2. 가타시설지	7,477	1.7	
	D-20. 회화나무-옻나무림	1,671	0.4	M. 건폐지	M-1. 건폐지	88,826	20.2	
	E. 외래종 낙엽활엽수림	E-1. 오통나무림	177	0.04	N. 포장지	N-1. 투수포장지	566	0.1
	합계						440,707	100

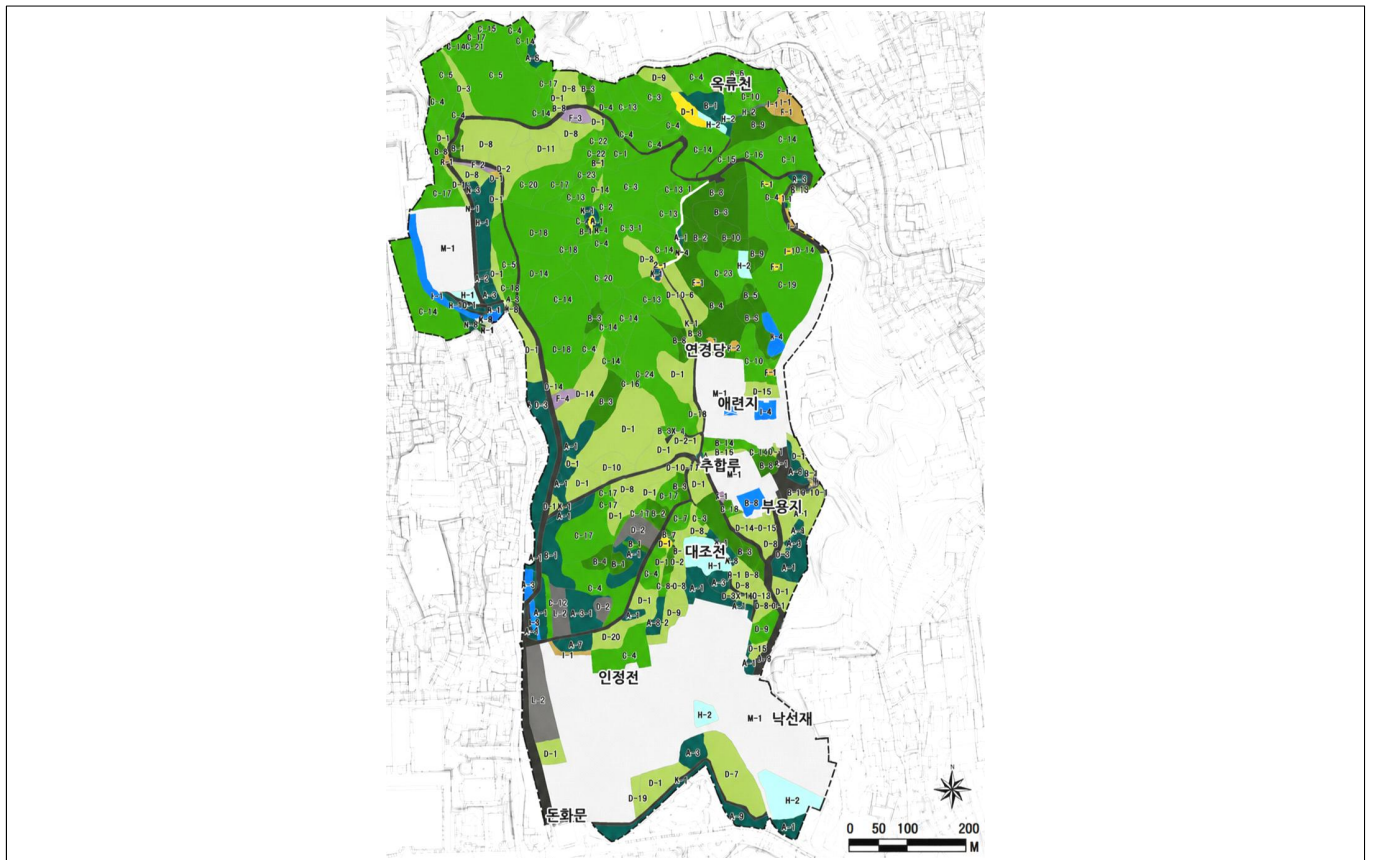


그림 2. 창덕궁 생태·경관보전지역 현존식생

범례: A. 자생종 침엽수림 B. 습윤지성 참나무류 자연림 C. 건조지성 참나무류 자연림 D. 자생종 낙엽활엽수림
 E. 외래종 낙엽활엽수림 F. 도시환경변화 지표종 G. 관목식생지

외부에서 유입된 목본인 잣나무, 아까시나무 등은 서측 산책로에 분포하였으나 소규모 면적이었다. 일부 특산식물인 미선나무, 오동나무, 병꽃나무가 식재되어 있었고, 생태계교란종은 환삼덩굴, 서양등골나물, 돼지풀, 단풍잎돼지풀, 미국쭉부쟁이가 산림주변부와 산책로 주변을 중심으로 생육하고 있었다.

3.2 수목 현황

창덕궁 궁궐숲의 매목조사 결과 교목·아교목의 총 수량은 7,988주이었으며, 소나무 1,126주, 단풍나무 939주, 느티나무 850주, 졸참나무 746주, 상수리나무 593주, 갈참나무 412주 순이었다. 흉고직경 $20 \leq D < 30\text{cm}$ 에는 소나무 538주로 가장 많이 분포되어 있으며, 단풍나무는 322주, 느티나무는 182주, 졸참나무는 113주 순이었다. 흉고직경 $30 \leq D < 50\text{cm}$ 에는 졸참나무가 379주로 가장 많았으며, 상수리나무 370주, 소나무 290주, 느티나무 272주, 굴참나무 219주 순으로 분포하였다. 흉고직경 $D \leq 100\text{cm}$ 에는 느티나무가 31주로 많은 수량이 나타났다(표 3, 그림 3 참조).

표 3. 창덕궁 전체 직경급별, 수종별 개체수 종합

번호	수종	$6 \leq D < 10$	$10 \leq D < 20$	$20 \leq D < 30$	$30 \leq D < 50$	$50 \leq D < 70$	$70 \leq D < 100$	$D \leq 100$	합계(주)	백분율(%)
1	소나무	19	223	538	290	51	5	-	1,126	14.1
2	단풍나무	188	273	322	143	12	-	1	939	11.76
3	느티나무	76	110	182	272	110	69	31	850	10.64
4	졸참나무	7	21	113	379	198	27	1	746	9.34
5	상수리나무	-	7	59	370	139	18	-	593	7.42
6	팔배나무	150	153	143	33	1	-	-	480	6.01
7	갈참나무	2	10	67	216	95	20	2	412	5.16
8	때죽나무	220	150	24	-	-	-	-	394	4.93
9	굴참나무	-	10	30	219	94	7	2	362	4.53
10	음나무	1	4	29	109	79	17	-	239	2.99
11	주목	13	68	69	48	6	1	-	205	2.57
12	밤나무	13	6	28	68	39	8	3	165	2.07
13	당단풍나무	94	49	8	1	-	-	-	152	1.9
14	벚나무	6	21	42	64	16	3	-	152	1.9
15	철쭉	1	-	-	-	-	-	-	1	0.01
16	철쭉꽃	1	-	-	-	-	-	-	1	0.01
17	갯나무	1	14	53	64	5	-	-	137	1.72
18	귀룽나무	15	16	31	47	15	1	-	125	1.56
19	신갈나무	1	6	17	44	11	1	-	80	1
20	회화나무	2	5	9	24	10	7	6	63	0.79
21	산벚나무	-	4	18	27	8	1	-	58	0.73
22	매실나무	1	17	19	4	1	1	-	43	0.54
23	진달래	-	-	1	-	-	-	-	1	0.01
24	서어나무	3	13	17	11	3	-	-	47	0.59
25	쉬나무	4	7	19	14	1	-	-	45	0.56
26	물푸레나무	8	5	16	10	6	1	-	46	0.58
27	화살나무	3	1	-	-	-	-	-	4	0.05
28	뽕나무	2	6	8	15	7	4	-	42	0.53
29	층층나무	3	4	20	9	-	-	-	36	0.45
30	말채나무	1	5	10	13	3	-	-	32	0.4
31	산사나무	13	6	1	-	-	-	-	20	0.25
32	아까시나무	11	6	10	3	1	-	-	31	0.39
33	산수유	12	7	4	3	-	-	-	26	0.33
34	전나무	2	11	6	6	1	-	-	26	0.33
35	산뽕나무	2	2	2	5	9	4	-	24	0.3
36	은행나무	3	4	1	4	3	4	4	23	0.29
37	살구나무	1	4	10	2	2	-	-	19	0.24
38	복자기	4	4	12	1	-	-	-	21	0.26
39	감나무	1	5	8	4	-	1	-	19	0.24
40	참빗살나무	10	4	1	4	-	-	-	19	0.24
41	쪽동백나무	6	9	1	-	-	-	-	16	0.2
42	목련	-	4	4	3	-	-	-	11	0.14
43	반송	1	2	4	2	-	-	-	9	0.11
44	복사나무	3	4	1	-	-	-	-	8	0.1
45	오갈피나무	5	-	-	-	-	-	-	5	0.06
46	산딸나무	2	-	-	-	1	-	-	3	0.04

표 3. 계속

번호	수종	6 ≤ D < 10	10 ≤ D < 20	20 ≤ D < 30	30 ≤ D < 50	50 ≤ D < 70	70 ≤ D < 100	D ≤ 100	합계(주)	백분율(%)
47	칠엽수	-	-	1	1	2	2	2	8	0.1
48	행나무	-	-	1	3	2	-	1	7	0.09
49	가래나무	-	-	4	3	-	-	-	7	0.09
50	가죽나무	2	1	1	3	-	-	-	7	0.09
51	오동나무	2	2	1	2	-	-	-	7	0.09
52	고욤나무	-	2	3	1	-	-	-	6	0.08
53	황벽나무	-	2	3	1	-	-	-	6	0.08
54	대취나무	-	3	-	1	-	-	-	4	0.05
55	버드나무	-	-	1	1	1	1	1	5	0.06
56	까치박달나무	-	3	2	-	-	-	-	5	0.06
57	주엽나무	-	1	-	4	-	-	-	5	0.06
58	참오동나무	2	2	-	-	1	-	-	5	0.06
59	홍단풍	-	1	4	-	-	-	-	5	0.06
60	돌배나무	-	-	1	2	-	1	-	4	0.05
61	촉백나무	-	-	-	1	2	-	1	4	0.05
62	느릅나무	-	-	2	1	1	-	-	4	0.05
63	자귀나무	1	2	-	1	-	-	-	4	0.05
64	화살나무	1	-	-	-	-	-	-	1	0.01
65	백송	1	1	1	-	-	-	-	3	0.04
66	울벚나무	1	1	-	-	1	-	-	3	0.04
67	함박꽃나무	1	1	-	-	-	-	-	2	0.03
68	곰의말채	-	-	-	2	-	-	-	2	0.03
69	아그배나무	-	2	-	-	-	-	-	2	0.03
70	자두나무	-	1	1	-	-	-	-	2	0.03
71	차간개벚나무	-	-	-	-	2	-	-	2	0.03
72	고로쇠나무	-	-	1	1	-	-	-	2	0.03
73	모과나무	-	-	-	1	-	-	-	1	0.01
74	물박달나무	-	-	1	1	-	-	-	2	0.03
75	생강나무	1	-	-	-	-	-	-	1	0.01
76	중국단풍	-	-	1	-	1	-	-	2	0.03
77	참화나무	-	1	-	-	-	-	-	1	0.01
78	팽나무	-	-	1	1	-	-	-	2	0.03
79	피나무	-	-	-	1	-	-	-	1	0.01
80	꾸지뽕나무	-	1	-	-	-	-	-	1	0.01
81	보리수나무	-	1	-	-	-	-	-	1	0.01
82	물오리나무	-	-	-	1	-	-	-	1	0.01
83	붉나무	-	1	-	-	-	-	-	1	0.01
84	산돌배나무	-	-	-	1	-	-	-	1	0.01
85	오리나무	-	1	-	-	-	-	-	1	0.01
86	왕벚나무	-	1	-	-	-	-	-	1	0.01
87	취뽕나무	1	-	-	-	-	-	-	1	0.01
88	콩배나무	-	1	-	-	-	-	-	1	0.01
89	호두나무	-	-	1	-	-	-	-	1	0.01

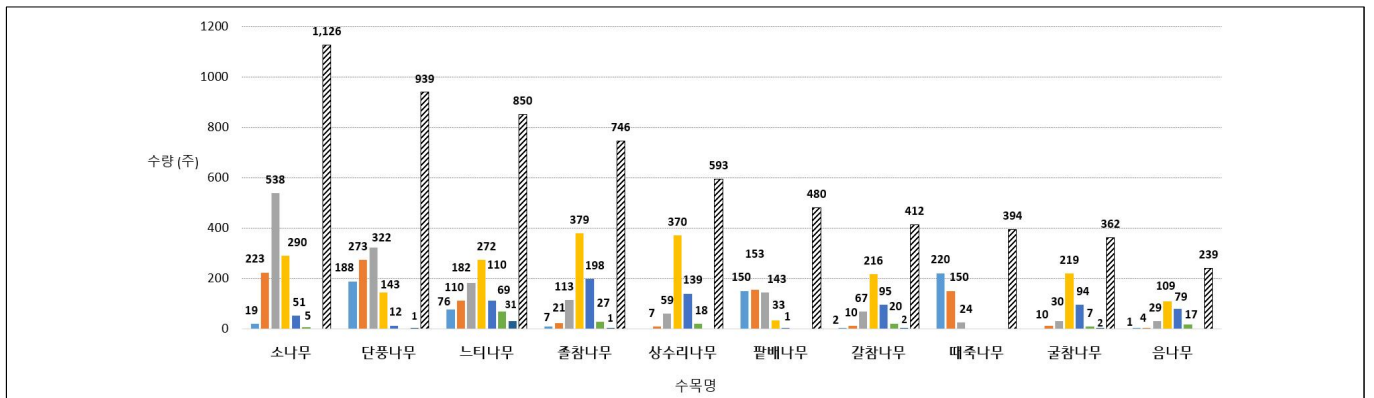


그림 3. 창덕궁 주요수목 흉고직경별 수량표

범례: ■ 6≤D<10 ■ 10≤D<20 ■ 20≤D<30 ■ 30≤D<50 ■ 50≤D<70 ■ 70≤D<100 ■ D≤100 ▨ 합계

3.3 탄소 저장량 산출

3.3.1 창덕궁 후원 숲

창덕궁 후원 숲의 탄소 저장량 산출을 위해 조사된 교목·아교목은 78종이었다. 침엽수에는 소나무, 잣나무, 전나무, 주목, 백송, 향나무 등이 조사되었으며, 활엽수에는 갈참나무, 굴참나무, 귀룽나무, 느티나무, 서어나무, 음나무 등이 있었다. 조사된 주수는 7,644주이며 침엽수는 1,371주, 활엽수는 6,273주였다.

분석 결과, 창덕궁 후원 숲의 총 탄소 저장량은 6,372.228tC로 산출되었다. 탄소 저장량이 높은 수종은 836주인 느티나무가 2,685.565tC로 가장 높았으며, 이어 746주인 졸참나무가 741.659tC, 상수리나무 593주인 673.798tC 순으로 나타났다. 현존식생에서 창덕궁 후원 숲 뿐만 아니라 전체적으로 느티나무 군집의 면적이 47,710m²(10.86%)로 가장 높고, 흉고직경이 큰 대경목이 많이 분포하였기 때문에 추론되었다. 전체적으로 낙엽활엽수가 탄소 저장량이 높게 나타났다.

출현 빈도를 기준으로 살펴보면, 소나무 984주로 가장 많았으나 탄소 저장량은 164.375tC에 그쳤다. 다음으로 단풍나무가 917주로 90.514tC, 느티나무가 836주로 2,685.565tC, 졸참나무 746주로 741.659tC, 상수리나무 593주로 673.798tC, 팔배나무가 480주 30.703tC 순으로 집계되었다. 소나무의 출현 빈도가 높은 이유는 경관 관리를 위해 소나무 식재가 지속적으로 이루어지고 있다고 판단되었다. 참나무시들음병에 의해 고사 및 제거된 수량이 있었지만, 전체적으로 대경목이 많이 분포하고 있었으므로 탄소 저장량이 높은 것으로 판단되었다. 이는 산림권역 식생 관리를 대경목·경관·병해충·방제 등의 공간별 관리로 면적당 탄소저장량이 달라질 수 있다고 판단되었다. 느티나무와 참나무류는 소나무에 비해 개체당 탄소 저장 효율이 높게 분석되었다. 전체적으로 소나무는 흉고직경이 작은 개체수량이 많고, 느티나무와 참나무류는 흉고직경 30cm 이상의 개체수량이 많이 분포하기 때문이었다. 흉고직경이 큰 대경목에 따라 수종별 탄소 저장량이 많았다(표 4 참조).

표 4. 창덕궁 후원 숲 주요 수종별 탄소 저장량 및 수량

연번	성상	수종	수량(주)	탄소 저장량(tC)	연번	성상	수종	수량(주)	탄소 저장량(tC)	연번	성상	수종	수량(주)	탄소 저장량(tC)
1	침엽수	소나무	984	164.375	27	활엽수	매실나무	2	1.530	53	활엽수	오리나무	1	0.069
2		잣나무	134	34.188	28		모과나무	1	0.153	54		울벚나무	3	2.277
3		전나무	26	2.209	29		목련	10	1.660	55		왕벚나무	1	0.036
4		반송	1	0.108	30		물벚나무	2	0.368	56		음나무	239	368.339
5		백송	3	0.124	31		물오리나무	1	0.258	57		자귀나무	4	0.278
6		주목	194	32.626	32		물푸레나무	46	15.502	58		졸참나무	746	741.659
7		측백나무	3	1.490	33		밤나무	165	114.523	59		주엽나무	5	2.304
8		향나무	5	2.206	34		버드나무	4	28.961	60		중국단풍	2	1.236
9		은행나무	21	355.280	35		벚나무	152	57.269	61		쥐똥나무	1	0.007
10	활엽수	가래나무	7	1.999	36	복자기	21	1.600	62	진달래	1	0.217		
11		가죽나무	7	1.295	37	붉나무	1	0.024	63	쪽동백나무	15	0.343		
12		갈참나무	412	291.734	38	뽕나무	40	18.462	64	참빗살나무	18	1.595		
13		감나무	6	6.998	39	산들배나무	1	0.447	65	참오동나무	5	2.453		
14		고로쇠나무	2	0.647	40	산딸나무	3	1.129	66	참회나무	1	0.032		
15		고욤나무	6	0.827	41	산벚나무	58	25.113	67	철쭉	1	0.012		
16		굴참나무	362	221.596	42	산뽕나무	22	16.371	68	철쭉꽃	1	0.008		
17		귀룽나무	124	69.139	43	산사나무	15	0.142	69	층층나무	36	5.303		
18		까치박달나무	5	0.236	44	산수유	15	0.142	70	칠엽수	8	35.148		
19		느릅나무	4	2.328	45	살구나무	2	0.655	71	콩배나무	1	0.053		
20		느티나무	836	2,685.565	46	상수리나무	593	673.798	72	팔배나무	480	30.703		
21		단풍나무	917	90.514	47	생강나무	1	0.007	73	팽나무	2	0.740		
22		당단풍나무	152	2.277	48	서어나무	47	17.541	74	호두나무	1	0.105		
23		대추나무	2	0.088	49	쉬나무	44	9.748	75	홍단풍	5	0.427		
24		돌배나무	3	0.854	50	신갈나무	78	36.677	76	회살나무	4	0.052		
25		때죽나무	394	8.019	51	아까시나무	31	5.671	77	황벽나무	6	0.743		
26		말채나무	32	11.610	52	오동나무	7	1.101	78	회화나무	53	160.903		
합계													7644	6,372.228

창덕궁 후원 숲을 권역별로 비교한 결과, 산림 7권역이 692.806tC로 가장 높은 탄소 저장량을 기록하였으며, 이어 신선원전 634.093tC, 연경당 583.019tC, 산림1 489.795tC, 산림B 489.685tC 순으로 나타났다. 옥류천 권역은 7.722tC로 탄소 저장량이 매우 낮게 산출되었는데, 이는 해당 권역의 면적이 작고 시설과 논의 조성되어 있어 수목 식생의 점유 면적이 작기 때문으로 판단 되었다. 또한 낙석재(북) 권역은 17.546tC으로 낮게 조사되었으며, 이는 산림 면이 급경사지로 이루어져 지형적 특성상 수목의 생육환경에 불리하고 대경목 발달이 저해되었기 때문으로 분석되었다(표 5 참조).

산림 7권역은 대경목 위주의 식생 구조를 보였으며, 특히 느티나무의 기여도가 압도적이었다. 조사 결과, 느티나무 흉고직경 6-165cm가 128주 분포하고 있었으며, 흉고직경 50cm 이상의 대경목이 33주이었다. 졸참나무 흉고 직경 9-78cm가 40주, 상수리나무 흉고직경 24-65cm가 32주, 밤나무 흉고직경 6-62cm가 35주로 대경목 위주의 분포가 확인되었다. 느티나무 대경목이 다수 있었으며, 그 수량도 많아 탄소 저장량이 높았다. 아교목층을 형성 하는 단풍나무는 흉고직경 6-32cm가 55주, 당단풍나무는 흉고직경 6-21cm가 56주 중에 당단풍나무는 흉고직경 6-10cm가 31주가 대다수를 차지하고 있어 실질적인 탄소 저장량 기여도는 낮게 분석되었다(그림 4 참조).

3.3.2 창덕궁 전각 주변

창덕궁 전각 권역 내 식재된 교목·아교목은 총 37종으로 조사되었다. 조사된 본수는 344주이며, 이 중 침엽수

표 5. 창덕궁 후원 조사구별 탄소 저장량(단위: tC)

연번	조사구	탄소 저장량	연번	조사구	탄소 저장량
1	산림 1	489.795	13	산림 A	219.035
2	산림 2	134.638	14	산림 B	489.685
3	산림 4	316.815	15	산림 C	153.838
4	산림 5	54.392	16	가정당	154.941
5	산림 6	355.987	17	낙석재(북)	17.546
6	산림 7	692.806	18	신선원전	634.093
7	산림 8	218.856	19	연경당	583.019
8	산림 9	146.525	20	옥류천	7.722
9	산림 10	208.919	21	인정전(배)	166.015
10	산림 11	397.026	22	존덕정	152.247
11	산림 12	175.410	23	주합루	279.463
12	산림 13	86.796	24	퇴장로	238.239
합계					6,372.228

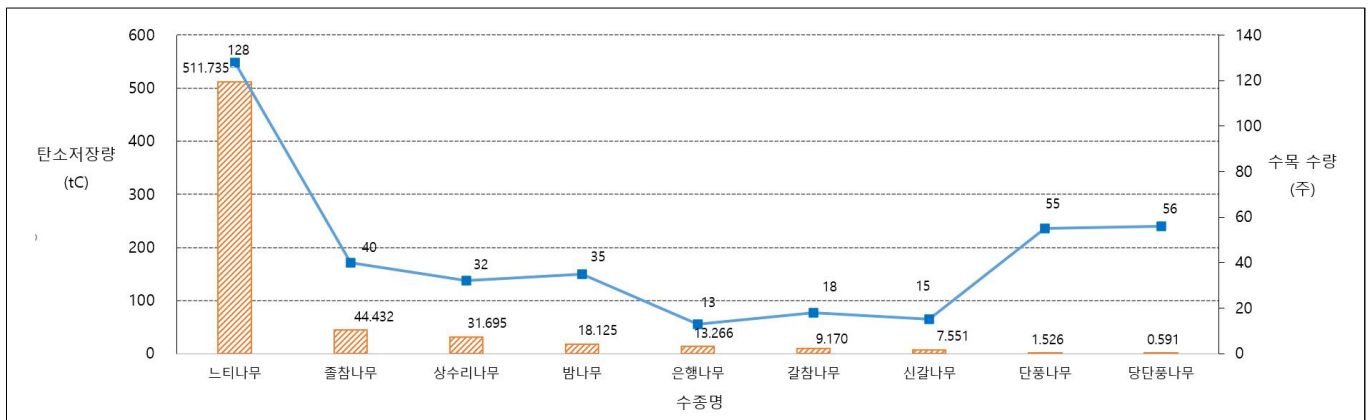


그림 4. 산림 7권역 내 주요 수종 수량 및 탄소 저장량 비교

범례: tC 주수

는 소나무, 향나무, 측백나무 등 166주, 활엽수는 느티나무, 회화나무, 매실나무 등 178주로 나타났다.

전각 권역 수목의 탄소 저장량은 1,533.032tC로 산출되었다. 수종별 저장량을 살펴보면, 느티나무가 747.493tC로 가장 높은 비중을 차지하였으며, 이어 회화나무(508.498tC), 은행나무(153.711tC), 버드나무(46.241tC), 소나무(40.200tC) 순으로 분석되었다. 출현 빈도 기준으로는 소나무 142주로 가장 많았으나 탄소 저장량은 상대적으로 낮게 나타났다. 매실나무 41주, 단풍나무 22주, 살구나무 17주, 감나무 13주 순으로 나타났다(표 6 참조). 전각 권역에서는 역사적 경관을 형성하는 대경목들이 소수의 본 수임에도 불구하고 전체 탄소 저장량의 상당부분을 차지하고 있음을 확인하였다.

창덕궁 전각별 탄소 저장량을 분석한 결과, 돈화문 권역이 921.927tC로 가장 높게 산출되었으며, 이어 궐내각사(354.213tC), 후원진입(158.073tC), 인정전(50.966tC) 순으로 나타났다. 각 권역별 탄소 저장량의 차이는 단순히 식재된 수목의 종이나 수량보다는, 개별 수목의 흉고직경 및 수고 등 규격의 차이에 의해 결정되는 것으로 분석되었다(표 7 참조).

가장 높은 탄소 저장량을 기록한 돈화문 권역은 대경목 위주의 식생 구조가 뚜렷하게 나타났다. 주요 수종별로 살펴보면, 회화나무는 흉고직경 68-110.5cm 범위의 대경목 7주가 조사되었으며, 느티나무는 흉고직경 41.5-164cm가 8주가 확인되었다. 소나무는 흉고직경 22-46cm의 개체들이 25주로 수량은 더 많았으나 개체별 규격은 상대적으로 작게 나타났다. 출현 빈도가 높은 소나무보다, 수령이 오래되고 규격이 큰 회화나무, 느티나무 대경목들

표 6. 전각 주변 주요 수종별 바이오매스 상대생장식 탄소 저장량(단위: tC)

연번	성상	수종	수량(주)	탄소 저장량	연번	성상	수종	수량(주)	탄소 저장량
1	침엽수	소나무	142	40.200	20	활엽수	복사나무	8	0.179
2		잣나무	3	0.594	21		뽕나무	2	4.326
3		반송	8	1.279	22		산뽕나무	2	1.538
4		주목	11	1.665	23		산사나무	5	0.178
5		측백나무	1	1.865	24		산수유	11	1.210
6		향나무	2	2.938	25		살구나무	17	1.995
7		은행나무	2	153.711	26		쉬나무	1	0.088
8	활엽수	감나무	13	2.046	27		신갈나무	2	0.101
9		곰의말채	2	1.904	28		아그배나무	2	0.038
10		귀룽나무	1	0.039	29		오갈피나무	5	0.031
11		꾸지뽕나무	1	0.046	30		자두나무	2	0.150
12		느티나무	14	747.493	31		쪽동백나무	1	0.004
13		단풍나무	22	2.954	32		참빗살나무	1	0.179
14		대추나무	2	1.020	33		처진개벚나무	2	2.045
15		돌배나무	1	1.455	34		피나무	1	0.311
16		매실나무	41	5.918	35		함박꽃나무	2	0.084
17		목련	1	0.682	36		회잎나무	1	0.010
18		버드나무	1	46.241	37		회화나무	10	508.498
19			보리수나무	1	0.017			합계	344

표 7. 창덕궁 전각 주변 조사권역별 탄소 저장량 비교(단위: tC)

연번	조사구	탄소 저장량	연번	조사구	탄소 저장량
1	궐내각사	354.213	5	인정전	50.966
2	낙선재	18.495	6	후원진입	158.073
3	대조전	7.032	7	희정당	22.347
4	돈화문	921.927		합계	1,533.032

에 의해 탄소 저장량이 집중 형성되어 있음을 알 수 있다(그림 5 참조).

3.4 종합고찰

창덕궁 후원 숲의 현존식생 분석 결과, 산림지역이 68.4%를 차지하며 참나무류 35.1%가 우점하는 구조를 보였다. 졸참나무(19.7%), 느티나무(10.8%), 상수리나무(9.6%), 소나무(7.8%) 군락 순으로 분포하였다. 지형적으로는 북서측 산림은 능선과 사면부에 건조지성 참나무류, 계곡부는 자생종 낙엽활엽수림이 분포하였고 일부는 갈참나무림이었다. 연경당과 옥류전이 연결되는 동측 산림 계곡부에 갈참나무림이 발달해 있었다. 외래종 낙엽활엽수림(0.04%), 도시환경변화지표종(0.4%), 관목식재지(0.3%) 등은 소규모 면적으로 분포하였다. 느티나무군집의 면적은 47,710m²(10.86%)으로 가장 크고, 상수리나무군집, 소나무군집, 굴참나무군집 순이었다. 다만, 참나무시들음병 발생지와 단풍잎돼지풀 등 생태계교란식물 분포지에 대해서는 지속적인 모니터링이 필요하며, 천연기념물인 대례나무를 포함하여 피나무, 매화나무 등 주요 수목, 대경목 및 대경목 군집에 대한 생육 관리와 역사문화경관 자원의 체계적인 유지관리가 요구된다.

창덕궁 내 교목·아교목의 총 탄소 저장량은 총 7,905.260tC(7,988주)로 산출되었다. 공간별로는 후원 숲이 6,372.228tC(7,644주), 전각 권역이 1,533.032tC(344주)를 저장하고 있었다. 창덕궁 내 소나무가 1,126주로 가장 많았으며, 다음으로 단풍나무 939주, 느티나무 850주 순이었다. 탄소 저장량은 느티나무가 3,433.059tC(850주)로 가장 높았으며, 졸참나무 741.659tC(746주), 상수리나무 673.798tC(593주), 회화나무 669.401tC(63주), 은행나무 508.991tC(23주) 순으로 많았다. 후원 숲 권역 탄소 저장량은 느티나무가 2,685.565tC(836주)로 가장 높았으며, 졸참나무 741.659tC(747주), 상수리나무 673.798tC(593주), 음나무 368.339tC(239주) 순으로 많았다. 전각 권역 탄소 저장량은 느티나무가 747.493tC(14주)로 가장 높았으며, 회화나무 508.498tC(10주), 은행나무 153.711tC(2주), 버드나무 46.241tC(1주), 소나무 40.200tC(142주) 순이었다. 이는 탄소 저장량이 수목의 수량보다는 대경목의 분포와 규격에 의해 결정됨을 시사한다. 추후 정밀한 연구를 통하여 수종과 흉고직경의 관계에 면밀한 검토가 요구될 것이다.

용인시 산림지역의 관리 유형별 탄소 저장량(자연림 9.792kgC/m², 인공림 12.104kgC/m²)과 비교 분석한 결과(이학기, 2026), 창덕궁 후원의 면적당 탄소 저장량은 14.653kgC/m²로 산출되었다. 이는 용인시 산림지역 자연림보다 약 1.5배, 인공림보다 약 1.2배 높은 수치이다. 결과적으로 창덕궁 궁궐숲은 오랜 기간 보존된 노거수와 성숙림을 바탕으로 서울 도심의 탄소 저장고(carbon sink) 역할을 수행하고 있음을 확인하였다.

4. 결론

현재 세계문화유산인 창덕궁 후원 궁궐숲의 자연생태계 변화를 분기별로 정례화하여 파악하고, 후원 숲의 역사성과 자연 생태적 천이를 고려한 궁궐숲의 보전 및 관리가 더 적극적으로 필요한 시점이다. 본 연구는 서울 내 도

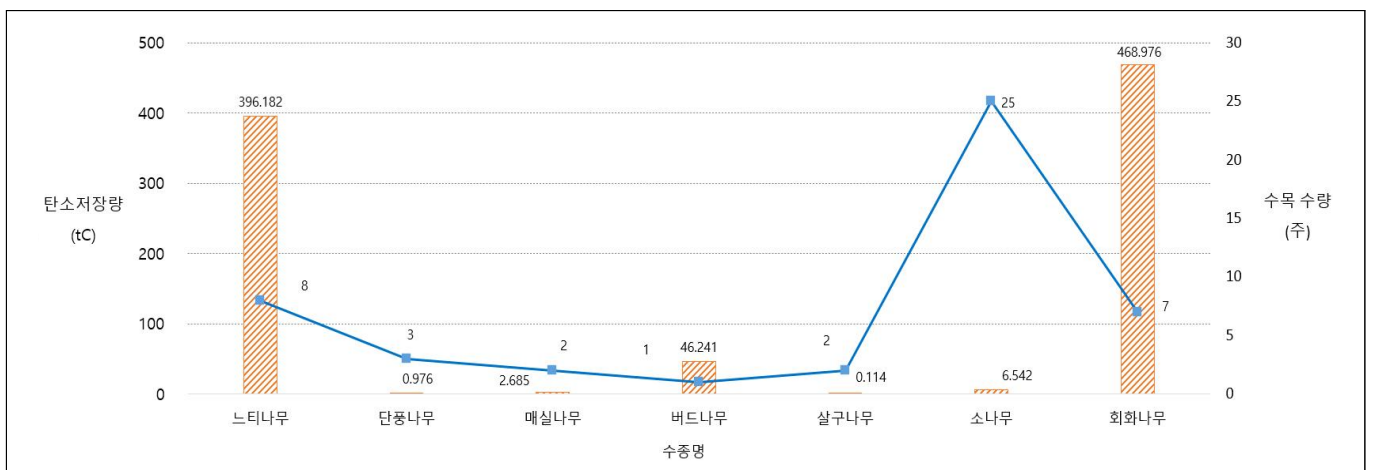


그림 5. 돈화문 권역 내 주요수종의 주수 및 탄소 저장량 비교

범례: tC 주수

시숲 기능을 수행하는 창덕궁의 수목 자료를 활용하여 정량적으로 탄소 저장량을 산출하였다. 창덕궁 내 수목 탄소 저장량 산출은 궁궐숲이 도시 내 이산화탄소가 탄소동화작용을 통해 탄소저감 역할을 지속적으로 하고 있음을 정량적으로 살펴보았다. 궁궐숲의 가치는 역사문화경관, 종 다양성 유지뿐만 아니라 탄소 흡수원으로서의 가치가 있음을 확인하였다. 참나무시들음병 이후 숲이 훼손된 점 및 기후변화와 대기오염, 토양 건조화 등의 이유로 숲의 건강성이 약해진 점을 고려하여 식생 복원 대상지를 선정해 우선적으로 식생복원이 필요하다. 생태교란종인 서양등골나물, 단풍잎돼지풀, 환삼덩굴 등과 목본 관리식물 귀룽나무, 칩 등의 지속적인 관리와 모니터링을 병행할 필요가 있다. 토양의 탄소 저장량이 크고 작은 생물들이 상호 보완하는 숲속에서 서로가 하는 역할이 있으므로 지속적인 생태계 연구가 다방면으로 필요하다. 관리와 연구를 통하여 권역별 공간별 기준을 특성에 맞게 분류하고 경관관리, 식생관리하여 건강하고 아름다운 숲으로 보전하게 되면 생물다양성의 증진과 탄소흡수를 통해 많은 환경 문제를 해소할 것이다.

본 연구는 바이오매스 상대생장식이 흉고직경 범위가 소나무만 최대 70cm까지만 가능한 범위이며 창덕궁에 있는 노거수가 최대 197cm까지 있었으므로 더 많을 수밖에 없는 탄소 저장량을 충분히 반영하지 못했다고 추정된다. 추후 대정목 및 다양한 수종에 대한 탄소 저장량 연구가 더 많이 이루어져야 한다고 판단되었다. 참나무시들음병에 의해 다량의 고사목이 많이 발생하였으며 그 자리에 치목들이 올라와 창덕궁의 수목 탄소 저장량의 양이 적고, 흉고직경 6cm 이하의 아교목 및 관목이 분포하는 창덕궁 후원 숲과 전각 권역을 고려하면 실질적인 수치는 더 높을 것으로 판단되었다.

References

1. 국립산림과학원(2014) 한국 주요 수종별 탄소배출계수 및 바이오매스 상대생장식. 국립산림과학원 보고서.
2. 김기호(1995) 일제 강점기 초기의 도시계획에 대한 연구: 경성부 시구개정을 중심으로. 서울학연구 6: 41-66.
3. 김인현, 오규식, 정승현(2011) 도시 패턴과 탄소배출량의 관계 분석. 한국공간정보학회지 19(1): 61-72.
4. 김학구, 권경원, 김세화, 문형진, 형세진, 홍용식, 피정훈, 김찬범(2023a) 기후위기 시대 생활권 녹지의 산림복지 서비스 증진을 위한 주요 관목 50종의 탄소흡수량 비교. 한국산림휴양학회지 27(4): 117-132.
5. 김학구, 홍용식, 임윤경, 윤이슬, 도기석, 정찬형, 이지문, 노희은, 강산구, 김찬범(2023b) 국립세종수목원 교목 4종의 탄소 저장량 및 연간 이산화탄소 흡수량 평가: 소나무, 메타세쿼이아, 칠엽수, 이팝나무를 대상으로. 한국환경영향평가학회지 32(1): 41-48.
6. 문화재관리국(1990) 창덕궁 원유(苑圃) 생태조사 보고서(수목 및 식생조사). 문화재관리국 보고서.
7. 문화재청 창덕궁관리소(2013) 창덕궁 참나무시들음병 방제 기본설계. 문화재청 창덕궁관리소 보고서.
8. 산림청(2020) 신기후체제 대응을 위한 생활권 도시림의 탄소흡수원과 다원편의 증진을 위한 조성·관리·평가모델 및 기술개발 최종보고서. 산림청 보고서.
9. 서울특별시(2006) 서울특별시고시 제2006-266호 「서울특별시 생태경관보전지역 지정 고시」. 서울시보 2714: 44.
10. 성옥제, 엄정희(2023) 냉각에너지를 활용한 바람길 구성요소 분류: 대구광역시를 사례로. 한국조경학회지 51(5): 70-83.
11. 엄관욱, 여상구, 동종인, 우수영, 광명자(2025) 도시숲 수목분포에 따른 대기중 미세먼지 대기오염도 특성 분석. 한국데이터정보과학회지 36(1): 101-113.
12. 오구균, 이경재(1986) 창경궁 후원 자연식생의 식물사회학적 연구. 한국조경학회지 14(2): 27-42.
13. 이기봉(2009) 수도 한양의 조선적 국도숲 이해. 문화역사지리 21(1): 223-242.
14. 이수진, 김기중, 이승일(2019) 연립방정식을 이용한 도시온도와 건물에너지 소비의 상호영향관계 실증 분석. 서울도시연구 20(1): 33-44.
15. 이재영, 한정훈, 손영혜(2024) 선릉과 정릉 역사경관림 I-Tree Eco 기반 탄소증립 효과 분석. 한국전통조경학회지 42(2): 47-55.
16. 이학기(2026) 도시생태현황지도를 활용한 탄소 저장량 추정 방법에 관한 연구: 용인시 수지구 산림을 사례로. 서울시립대학교 대학원 박사학위논문.
17. 최현아, 이우균, 전성우, 김준순, 곽한빈, 김문일, 김재욱, 김정택(2014) 산림생태계 기후변화 조절서비스 계량화 방법: 탄소 저장 및 흡수기능 계량화 방법을 중심으로. 한국기후변화학회지 5(1): 21-36.
18. 문화재청(2020) 동궐(창덕궁)의 전통경관 고증 및 조경 복원정비 종합계획 연구. 문화재청 보고서.
19. 한봉호, 이경재, 장재훈, 정태준(2009) 창덕궁 후원의 자연생태계 특성 및 변화 연구. 한국환경생태학회 학술대

화논문집 19(2): 133-136.

20. Hong, J. W., J. Hong, E. E. Kwon and D. K. Yoon(2019) Temporal dynamics of urban heat island correlated with the socio-economic development over the past half-century in Seoul, Korea. *Environmental Pollution* 254: 112934.
21. Park, S. C., B. H. Han, J. I. Kwak and J. Y. Kim(2021) Ecological characteristics and changes to the forest in the rear garden at Changdeokgung, a World Cultural Heritage Site. *Forests* 12: 774.
22. IPCC(2006) 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>
23. UNESCO(2026) Changdeokgung Palace Complex. <https://whc.unesco.org/en/list/816>