

氏名	木下 智光
学位(専攻分野)	博士(学術)
学位記番号	博甲第1009号
学位授与の日付	令和3年9月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	工芸科学研究科 バイオテクノロジー専攻
学位論文題目	Photosynthetic functions in landscape tree species in urban area (都市部における街路樹種の光合成機能)
審査委員	(主査)教授 半場 祐子 教授 来田 宣幸 准教授 北島 佐紀人 准教授 堀元 栄枝

論文内容の要旨

大気中の CO₂ 濃度増加は地球温暖化の主要因であることから、CO₂ の増加の緩和や効率的な削減は国際的に重要な課題となっている。都市に植栽されている街路樹などの緑化樹木は、光合成による CO₂ 吸収により化石燃料使用によって都市域で排出された CO₂ のうちかなりの割合を吸収しているという報告もあり、都市域の大気 CO₂ の減少に重要な役割を担っていると考えられる。光合成は環境変化に非常に敏感であるため、都市部における CO₂ 吸収量を評価するためには、光合成機能の環境変化に対する応答を理解することが不可欠である。本論文では、都市の樹木の光合成機能に影響する環境変数として、環境因子の季節変動、乾燥ストレス、大気汚染物質の3つに着目し、日本で植栽頻度が高い樹種を選んで光合成機能の応答を調べている。

本論文は、序論(第1章)、環境要因の季節的な変化に対する光合成応答(第2章)、水分条件の変化に対する光合成応答(第3章)、大気汚染物質に対する光合成応答(第4章)、総括および結論(第5章)の5章から構成され、すべて英語で記述されている。

第1章では、大気中の CO₂ 濃度が増加している実情とその影響、街路樹が果たしている様々な役割、気温や日長などの環境因子が季節変動したときの光合成応答、乾燥ストレスに対する樹木の光合成応答、および様々な大気汚染物質に対する樹木の光合成応答について、これまでの知見をふまえた本論文の位置づけが述べられている。

第2章では、日本国内で高木の街路樹としては最も多く植栽されているイチョウを対象に、環境因子の季節変化と光合成の季節変化との関係について調査した結果が述べられている。ガス交換パラメータおよび葉の形質が最大値に達する時期が、日長が最大値に達する時期に近いことが明らかにされたことから、従来指摘してきた温度よりも、日長が光合成の季節変化を決定づける重要な環境因子である可能性が示された。

第3章では、街路樹としてよく利用されている低木の4樹種を対象として、乾燥ストレスに対する光合成応答を評価している。調査した4種の中では、マルバシャリンバイとレンギョウの2種

が、乾燥ストレスに対して光合成の維持率が高く、高い水利用効率を示したことから、乾燥ストレスがかかる都市域によく適応できる種であることが示唆された。

第4章では、都市部の大気汚染物質として、特に窒素酸化物 (NO、NO₂) に着目し、京都市内における窒素酸化物の濃度の違いが街路樹の光合成にどのように影響しているのかを調査している。ソメイヨシノ、ヒラドツツジ、マルバシャリンバイの3種では、大気汚染レベルが高くなると、葉の気孔閉鎖による光合成機能の低下や光合成の生化学的機能の低下が見られた一方、イチョウでは、光合成機能の上昇が見られた。

第5章では、第2章～第4章の結果に基づき、調査を行なった4種の街路樹について適性評価を行なっている。イチョウは日長が最大になる時期に光合成機能を最大化することで年間の光合成量を高めることができ、さらに大気汚染物質に対して光合成機能を高く維持できるという点で、街路樹としての適性は高いと評価された。低木の中では、マルバシャリンバイは土壤の乾燥ストレスに反応して高い光合成速度を維持し、水利用効率も高いことから、特に乾燥の程度が高い場所においては高い適性を持つと評価された。

論文審査の結果の要旨

都市に植栽されている街路樹に関しては、従来は主に実用的な面から、外見を基にした適性・機能評価が広く行われていたが、光合成機能をはじめとする生理機能の評価は十分に行われていないという現状がある。光合成は樹木の成長を支える基本的な機能であること、また、地球温暖化やヒートアイランドにより都市環境は急速に変化していることから、環境に敏感に応答する光合成機能の環境応答評価を行う必要性は近年ますます高まっている。本論文では、第1にイチョウの光合成の季節変化に着目した結果、これまでほとんど注目されていなかった「日長」という環境因子がイチョウの光合成の季節変動に重要な影響を与えていたことを示した。この結果は、光合成による年間の二酸化炭素吸収量を推定するためのモデルにも大きな影響を与える、顕著な成果であると評価できる。また、第2に、日本国内で用いられている低木の樹種の中で、乾燥ストレス耐性が高い種を明らかにすることことができた。街路樹の光合成機能評価は、低木の樹木種においてとりわけ遅れが目立つことから、本研究の成果は重要な意義を持つと考えられる。さらに第3に、大気汚染物質である窒素酸化物に対する光合成応答に顕著な樹木種間の差があること、樹木種によっては大気汚染レベルが高い地域で大幅に光合成速度が低下することを示した。これらの結果は、大気汚染対策が進んだ現在の日本においても、街路樹を選定するにあたっては、依然として大気汚染物質に対する応答を評価する必要があることを示したものといえる。

以上のように、本論文は、学術的な点だけでなく、街路樹種の選定という実用的な面からも貢献が期待できる有用な論文であり、高く評価できる。

本論文の基礎となった学術論文は、査読制度が確立した下記の国際学術雑誌に公表された論文2編と、現在投稿中の論文1編である。公表済みの2編の学術論文のうち1編は、申請者が筆頭著者である。

公表論文

- 1) Tomomitsu Kinoshita, Atsushi Kume, and Yuko T. Hanba. Seasonal variations in photosynthetic functions of the urban landscape tree species *Ginkgo biloba*: photoperiod is a key trait. *Trees - Structure and Function*. 35(1), 273-285 (2021)
- 2) Hiroki Horike, Tomomitsu Kinoshita, Atsuhi Kume, and Yuko T. Hanba. Responses of leaf photosynthetic traits, water use efficiency, and water relations in five urban shrub tree species under drought stress and recovery. *Trees - Structure and Function*. Published online: 29 January (2021).

オンライン版掲載サイト：<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00468-021-02083-1>