京都市における街路樹ケヤキ及びイチョウの地上部バイオマスの計測

正田 佑^{*1)}・今西純一²⁾・柴田昌三³⁾

- 1) 京都大学大学院農学研究科
2) 大阪府立大学大学院生命環境科学研究科
3) 京都大学大学院地球環境学堂

摘要: 京都府京都市において、街路樹のイチョウ (*Ginkgo biloba* L.) 2本の葉面積と葉、枝、幹の重量を計測した。また、街路樹のケヤキ (*Zelkova serrata* (Thunb.) Makino) 1本の枝、幹の重量を計測した。既存のバイオマスの算定式より求めた推定値と実測値を比較した結果、樹齢20年のイチョウでは推定値は実測値の57%、樹齢50年のイチョウでは140%であった。また、ケヤキでは推定値は実測値の101%であった。街路樹のイチョウ2本の葉面積指数 (LAI) について、既存の算定式より求めた推定値と実測値を比較した結果、樹齢20年のイチョウでは、推定値は実測値の106%であった。樹齢50年のイチョウでは推定値は実測値の74%であった。

キーワード: 街路樹、地上部バイオマス、葉面積、イチョウ、ケヤキ

1. はじめに

街路樹の地上部バイオマスを把握することは、二酸化炭素固定量の試算や生態系サービス評価のために重要であるが、日本国内における研究の蓄積はほとんどない。また、街路樹の伐採調査等の破壊的な調査の実施はほとんど不可能である。葉面積指数 (LAI) は生態系サービス評価のために重要であるが、同様の理由により、街路樹での知見の蓄積はほとんどない。

日本においては、圃場に植栽された都市緑化に利用される樹木種を対象に二酸化炭素固定量を分析した例^{1,2,4)}があり、街路樹にもよく利用される樹種を対象としている。しかし、実際の街路樹は圃場成長木と異なり、剪定管理や植え樹の大きさ等の影響を受けると考えられる。そのため、地上部バイオマスも圃場成長木とは異なる可能性があるが、実際に街路樹を伐採して木質部重量、葉量を計測した例はない。そこで本研究では、京都市において街路樹として沿道に植栽され、生育した樹木を対象に地上部バイオマスを計測することを目的とした。

2. 方法

2.1 対象木

京都市に街路樹として植栽されていたイチョウ (*Ginkgo biloba* L.) 2本 (イチョウ A; 写真-1a, イチョウ B; 写真-1b) とケヤキ (*Zelkova serrata* (Thunb.) Makino) 1本 (写真-1c) を対象とした (表-1)。イチョウ A は樹齢20年、イチョウ B は樹齢50年、ケヤキは樹齢58年であった。イチョウとケヤキは街路樹としての植栽本数が京都市でも全国でも比較的多い樹種である。街路樹の樹種別高木本数においてイチョウは京都市で1位 (39.6%)⁵⁾、全国でも1位 (8.4%)³⁾である。また、ケヤキは京都市で5位 (7.1%)⁵⁾、全国では3位 (7.2%)³⁾である。供試したイチョウ2本については、道路沿いの土地の工事のため撤去された健康状態が良好な個体であった。ケヤキ1本は大きな腐朽等は見られなかったが、老朽木として街路樹の更新事業の一環で撤去された個体であった。イチョウ2本の伐採は2013年7月に行われた。ケヤキの伐採は2014年1月に行われた。伐採された年度にはどの個体も剪定は行われていなかった。

2.2 乾燥重量の計測

イチョウ2本については幹、枝、葉の地上部全てを回収し、生重量を計測した。幹は地上0 m位置、0.2 m位置、1.2 m (胸高)、以降1 mおきに幹の一部を乾重率測定用試料として採取し、その生重量を計測した。その後、乾燥機 (プログ

(a)イチョウ A (b)イチョウ B (c)ケヤキ

写真-1 対象木

* 連絡先著者 (Corresponding author) : 〒606-8502 京都市左京区北白川追分町 E-mail : shoda.tasuku.42z@st.kyoto-u.ac.jp

ラム定温乾燥機 DOV-450, アズワン株式会社) で乾燥させた。乾燥条件は 85℃一定とし⁸⁾, 重量が変わらなくなるまで約 7 日程度乾燥させ、乾重率を求めた。そうして求めた乾重率を幹の生重量に乗ずることで⁸⁾, 幹全体の乾燥重量を求めた。

枝については、まず全ての枝を、枝がついていた位置を基準にして 3 階層に分類した。すなわち、樹冠の中に占める位置によって上部、中部、下部に分けた。そして、それぞれの階層毎に採取時の生重量を計測した。次に、3 つの階層それぞれから乾重率測定用試料を 300 g ~ 500 g 抽出し、生重量を計測した。乾重率測定用試料の抽出においては枝の太さが偏らないように採集した。その後、幹同様に 85℃に設定した乾燥機で、重量が変わらなくなるまで 7 日程度乾燥させ、乾燥重量を計測した。幹同様に、乾重率を求め、生重量に乾重率を乗ずることにより樹冠の上部、中部、下部の 3 つの階層それぞれの全乾燥重量を求めた。

葉については、枝と同様に計測を行った。葉がついていた位置を基準に 3 つの階層に分類し、採取時の生重量を計測した。また、枝と同様に階層毎に乾重率測定用試料を 300 g ~ 500 g 抽出して乾燥させ、乾重率を求めた上で全乾燥重量を求めた。

ケヤキについては落葉期であったため、地上部の木質部(幹と枝)を回収した。ただし、枝については全ての回収が不可能であったため、先端が頂部に達している最大の 1 次枝と、その 1 次枝から出る 2 次枝以下の枝を回収した。目視の結果、計測のために回収した枝は枝全体のおよそ 3 分の 1 であると判断した。

イチョウ A とイチョウ B について、地上部全乾燥重量を幹の乾燥重量で除すことで、拡大係数を求めた。拡大係数は、樹木の地上部乾燥重量を計算する際に、収穫表と容積密度より幹の重量を求めたものから、枝と葉も含めた重量を算出する際に用いられる⁷⁾。

2.3 乾燥重量の比較

計測した乾燥重量は、先行研究^{1, 4)}の結果と比較を行った。藤原(2005)¹⁾は、関東の圃場で成長した樹齢 9 年~14 年のイチョウと、樹齢 18 年~26 年の圃場成長木のケヤキのそれぞれ 5 本を対象としている。松江ら(2009)⁴⁾は藤原(2005)¹⁾のデータに加えて関東の圃場で成長した樹齢 52 年のイチョウ 3 本、樹齢 34 年~52 年の圃場成長木のケヤキ 3 本を対象としている。これらの先行研究には葉は含まれていない。

実測された全乾燥重量を、松江ら(2009)⁴⁾のバイオマスの算定式から算出された値と比較した。松江ら(2009)⁴⁾は、地下部を含めたバイオマスの算定式を作成している。松江ら(2009)⁴⁾で示されたケヤキとイチョウの算定式を利用し、今回対象とした街路樹 3 本のバイオマスの推定値を算出した。算定式は、説明変数が胸高直径(DBH)で被説明変数が乾燥重量の相対成長式である。イチョウの算定式は、DBH が 59.8 cm (胸高幹周 188 cm) までの樹木を対象としている。

ケヤキの算定式は、DBH が 66.8 cm (胸高幹周 210 cm) までの樹木を対象としている。従って、今回の対象木の DBH は適用範囲内である(表-1)。今回は地下部のバイオマスを計測していないため、比較にあたっては、松江ら(2009)⁴⁾に示された部位別の乾燥重量から部位別の重量比を求めて、算定式から算出された全バイオマスを地上部のバイオマスに換算した。イチョウについて、松江ら(2009)⁴⁾の 3 つの試料木の地上部乾燥重量の合計を、地下部を含めた木質部の全乾燥重量で除すと 0.71 であった。ケヤキについても同様に、松江ら(2009)⁴⁾の 3 つの試料木の地上部乾燥重量の合計を、地下部を含めた木質部の全乾燥重量で除すと 0.79 であった。

2.4 葉面積の計測

イチョウ 2 本の葉の葉面積を計測した。樹冠の中の上部、中部、下部の 3 階層に分け、それぞれの高さごと(樹冠上部・中部・下部)の葉 300 g ~ 500 g をランダムに抽出した。そして、抽出した葉の葉面積を葉面積測定器(CI-203, CID 社)で測定した。階層毎の葉面積と重量の比から階層毎の葉面積を求め、合計することで全葉面積を求めた。

2.5 葉面積指数(LAI)

公園、街路樹、庭など都市内のオープンスペースに植栽された樹木を対象にした米国での研究⁶⁾で作成された、DBH から LAI を求める算定式を利用して DBH から LAI の推定値を求めた。そして、推定値と実測値から求めた LAI とを比較することで、既存の算定式の京都市の街路樹へのあてはまりを検討した。

3. 結果

測定した乾燥重量を対象木の概要と共に表-1 に示した。地上部乾燥重量は葉、枝、幹全ての乾燥重量合計である。また、地上部乾燥重量(木質部)は枝と幹の乾燥重量の合計である。

表-1 対象木の概要と乾燥重量の計測結果

対象木	イチョウ A	イチョウ B	ケヤキ
樹齢	20	50	58
樹高(m)	7.2	8.5	12
DBH(cm)	10.1	33.5	55.3
器官別乾燥重量 (kg)	葉	1.8	13.7
	枝	5.9	77.0
	幹	17.8	174.2
地上部乾燥重量 (木質部 kg)	23.7	251.2	1825.1
地上部全乾燥重量 (kg)	25.4	264.9	N/A [※]
拡大係数	1.4	1.5	N/A [※]

※本研究において、該当する値を取得していないことを示す

図-1 地上部乾燥重量（木質部）の推定値と実測値の比較

松江ら（2009）⁴⁾に基づいて推定した地上部の木質部乾燥重量と実測値を比べた結果（図-1），樹齢 20 年のイチョウ A（図-1a）では推定値は実測値の 57%であり，過小評価であった。樹齢 50 年のイチョウ B（図-1a）では推定値は実測値の 140%であり，過大評価であった。また，ケヤキ（図-1b）では推定値は実測値の 101%で，実測値とほぼ一致する推定値が得られた。

樹齢と地上部乾燥重量（木質部）の関係を図-2 に示した。試料数の少なさから統計的な処理は行わなかったものの，イチョウ，ケヤキともに樹齢 50 年程度の比較的高齢な街路樹は，圃場成長木と比べて樹齢に対して地上部の木質部重量が少ない可能性が示唆された。

街路樹のイチョウ 2 本の葉面積について，Nowak（1996）⁶⁾に基づき，DBH から推定した値と実測値の比較を図-3 に示した。樹齢 20 年のイチョウ A では，推定値は実測値の 106%であり，やや過大評価であった。一方，樹齢 50 年のイチョウ B では推定値は実測値の 74%であり，過小評価であった。

4. 考察

林業分野におけるイチョウの拡大係数は林齢 20 年以下で 1.50，林齢が 20 年より大きい場合は 1.15 である⁷⁾。今回用いた 2 本の街路樹イチョウ A と B はそれぞれ樹齢 20 年で拡

大係数は約 1.4，樹齢 50 年で約 1.5 であった（表-1）。このことより，街路樹のイチョウは，樹齢が高い個体でも林内のイチョウよりも幹の重量に対して枝葉を含めた地上部の重量の割合が高い可能性が示唆された。ただし，今回は試料数が少なく，街路樹の傾向を解明するにいたらなかった。

図-1 において，地上部乾燥重量（木質部）の推定値は，ケヤキでは実測値とほぼ一致する推定値が得られた。これは，京都市の管理育成方針が関係していると考えられる。京都市では，ケヤキの街路樹に対して，大きく育てる方針で管理がなされている。剪定は定期的な剪定を行わず，不定期に状況に応じた整姿剪定がなされている。また，今回の対象木のケヤキは中央分離帯に植えられており，周囲の建築物との接触などが無かったため，圃場成長木のデータに基づいた先行研究が比較的良好であったと考えられる。イチョウにおいては，推定値と実測値の間に，ずれが確認された。樹齢 20 年のイチョウ A については，推定値は過小評価であった。京都市の街路樹は，DBH 6.68 cm（幹周 21 cm）程度の樹木を街路樹として植栽している。そのため，DBH が 10.1 cm で

図-2 樹齢と地上部乾燥重量（木質部）の関係

図-3 葉面積指数（LAI）の推定値と実測値の比較

ある本研究のイチョウ A のように、街路樹が比較的若齢の段階では、街路樹として植栽されてからの期間が短く、圃場成長木と同等またはそれ以上の地上部の木質部バイオマスがある可能性もある。一方、樹齢 50 年のイチョウ B では、推定値は過大評価であった。推定値よりも実測値は小さかった。これは、樹高制限のために樹高が抑えられていることと、剪定管理により枝量が制限されていることが原因と考えられる。実際に、松江ら（2009）⁴⁾の対象木のイチョウの樹高は 16.5 m（樹齢 52 年）、15.1 m（樹齢 52 年）、16.5 m（樹齢 52 年）であるのに対し、今回の研究で実測した街路樹のイチョウ B は、樹齢 50 年で樹高 8.5 m であった。

樹齢と地上部乾燥重量（木質部）の関係（図-2）において、樹齢 50 年程度の比較的高齢な街路樹は、圃場成長木と比べて剪定管理や植栽環境の影響で成長が抑制されていると考えられる。そのため、イチョウ、ケヤキともに樹齢 50 年程度の街路樹は、圃場成長木と比べて樹齢に応じた地上部の木質部重量が得られていないと考えられる。LAI については、イチョウ B では推定値が過小評価となった（図-3）。これは、剪定管理によって自己被圧が抑制された可能性が考えられる。

5. おわりに

本研究では、京都市の街路樹 3 本の地上部バイオマスを計測した。バイオマスを試算するための既存の算定式から得た推定値と実測値を比較した結果、定期的な剪定管理の行われるイチョウでは推定値と実測値の間に、ずれが生じる可能性が示唆された。また、強度の剪定を行わず、大きく育てる方針のケヤキでは、実測値とほぼ一致する推定値が得られる可能性が示唆された。

謝辞：本研究の実施にあたって、京都市建設局みどり政策推進室に協力いただいた。ここに記し、感謝の意を表す。本研究は JSPS 科研費（課題番号 18H02226）の助成を受けたものである。

引用文献

- 1) 藤原宣夫（2005）植栽樹木の二酸化炭素固定量からみた都市緑化施策の評価に関する研究. 千葉大学大学院, 130 pp.
- 2) 藤原宣夫・山岸 裕・村中重仁（2002）都市緑化樹木による CO₂ 固定量の算定方法に関する研究. 日本緑化工学会誌, 28: 26-31.
- 3) 栗原正夫・武田ゆうこ・久保田小百合（2014）我が国の街路樹 VII. 国土技術政策総合研究所資料第 780 号, 国土交通省国土技術政策総合研究所, 218 pp.
- 4) 松江正彦・長濱庸介・飯塚康雄・村田みゆき・藤原宣夫（2009）日本における都市樹木の CO₂ 固定量算定式. 日本緑化工学会誌, 35: 318-324.
- 5) 京の近代街路樹 100 周年記念事業委員会（2013）街路樹文化の創造に向けて：京都市近代街路樹 100 周年記念誌. 京都市造園建設業協会, 79 pp.
- 6) Nowak, D.J., (1996) Estimating leaf area and leaf biomass of open-grown deciduous urban trees. *Forest Science* 42: 504-507.
- 7) 温室効果ガスインベントリオフィス(GIO)編（2019）日本国温室効果ガスインベントリ報告書(NIR). 国立研究開発法人国立環境研究所, 704 pp.
- 8) 丹下 健（1999）バイオマスの測定. 森林立地調査法編集委員会編, 森林立地調査法. 博友社, pp. 63-64.

（2019 年 7 月 7 日受理）