

都市緑化樹木のCO₂ストック変化量把握に関する研究

Research on estimating the amount of CO₂ fixed by planted trees in cities

(研究期間 平成 18～21 年度)

環境研究部 緑化生態研究室
Environment Department
Landscape and Ecology Division

室長 松江 正彦
Head Masahiko MATSUE
主任研究官 飯塚 康雄
Senior Researcher Yasuo IIZUKA
研究官 長濱 庸介
Researcher Yosuke NAGAHAMA

We investigated the amount of growth of sixteen planted trees in cities using stem analysis to estimate the amount of CO₂ fixed by planted trees in cities

〔研究目的及び経緯〕

京都議定書において、日本は2008年から2012年の第一約束期間に、基準年と比較して6%の温室効果ガスを削減することが義務づけられた。これを受け、政府は京都議定書目標達成計画(平成17年4月策定 平成20年3月全部改定)を策定し、温室効果ガスの排出抑制・吸収を推進する様々な対策を打ち出した。同計画において、都市緑化等は国民にとって最も日常生活に身近な吸収源対策と位置づけられており、吸収量の報告・検証体制の整備を推進することとしている。

樹木は吸収したCO₂を体内に吸収・固定することで大きく成長する。そのため、重量(乾重)が分れば、その値からCO₂固定量を推定することができる。国総研では、これまでに都市緑化樹木のCO₂固定に関する研究に取り組んでおり、CO₂固定量算定の原単位となる、年間木質部乾重成長量予測式を作成している(以下「先行研究¹⁾」という)。しかしこの予測式は、樹齢10～30年程度までの比較的若齢な樹木を対象としているため、予測式の適用範囲は樹高にして10m程度、胸高直径にして25cm程度までとなり、それ以上の大きな樹木に適用することはできなかった。

そこで本研究は、都市緑化樹木のCO₂固定原単位を把握することを目的として、樹齢30年以上の都市緑化樹木まで適用できる年間CO₂固定量予測式を開発した。

〔CO₂固定量の算定〕

CO₂固定量の算定対象は、木質化することで長期間固定が継続する幹・枝・根(木質部)とし、葉は落葉により短期間で失われるため除外した。また、木質部の炭素含有量は樹種に関わらず乾燥重量比にして50%程度であることが知られているため²⁾、木質部乾重成長量をCO₂固定量へ換算する場合には、木質部乾重の50%へCO₂とCの分子量の比(44/12)を乗じることとした。

〔研究内容〕

初めに調査対象木の伐倒や根の掘取りを行い、木質部乾重を求めた。次に先行研究の手法に基づいて樹幹解析を行い、個々の樹木の成長過程(樹齢、胸高直径、木質部乾重成長量等)を把握した。最後に本研究で得たデータ(樹齢、胸高直径、木質部乾重)と、先行研究のデータを用いて、年間木質部乾重成長量予測式(年間CO₂固定量予測式)を開発した。

〔研究方法〕

1. 調査対象木

調査対象木は「先行研究と同樹種・同地域(関東地方)であること」、「なるべく自然樹形でかつ単木の状態で生育していること」、「樹齢30年以上と推定されること」を条件に選定した(表1)。

表1 調査対象木

樹種 植栽地	ケヤキ			イチヨウ			ブラタナス			サクラ類			クスノキ		シラカシ	
	東京都			千葉県			茨城県			千葉県			千葉県		栃木県	
樹木 No	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	No. 14	No. 15	No. 16
樹高 m	17.6	18.6	19.0	16.5	15.1	16.5	20.0	20.0	23.0	14.0	10.6	11.9	12.5	13.5	12.1	13.1
胸高直径 cm	58.3	52.9	66.9	59.9	43.6	52.5	44.6	40.1	46.5	36.9	43.0	47.8	56.7	51.6	33.1	36.3

※平成20年度に調査した樹木は、No. 3、No. 6、No. 9、No. 10、No. 11、No. 12、No. 13、No. 14となる(残りの樹木は前年度に調査済)

※サクラ類のうち、No. 10とNo. 11はソメイヨシノ、No. 12はヤマザクラである(なお、サクラ類は本研究で新しく追加した樹種である)

表2 調査結果（木質部乾重と樹齢）

樹種	ケヤキ			イチョウ			プラタナス			サクラ類			クスノキ		シラカシ	
幹乾重 kg	659.6	643.6	1219.7	673.1	372.0	585.3	760.1	593.4	1022.7	364.9	335.1	384.2	484.4	475.5	286.7	369.8
枝乾重 kg	1466.6	878.1	2024.8	1055.0	271.7	447.2	368.1	257.8	421.1	251.6	412.0	461.3	657.3	475.3	230.4	596.8
根乾重 kg	602.2	364.0	908.5	917.1	428.6	495.6	534.6	416.2	476.5	194.7	324.5	144.8	393.9	482.6	141.7	334.0
樹齢	52	34	51	52	52	52	39	43	34	42	46	44	47	33	30	31



写真1 地上部の伐倒作業

- ①伐倒作業 ②枝と葉の分離 ③幹の生重測定
④枝の生重測定 ⑤樹幹解析用円板の採取



写真2 根の掘取り作業

- ①掘取り作業 ②掘取った根 ③根の伸長状況
④主根の生重測定 ⑤枝根の生重測定

2. 地上部の伐倒・根の掘取り

調査対象木を地際で伐倒した後、幹については地上0.2mの位置から1m間隔に階層を区切り、根元側から階層毎に切断した。そして枝を分離した後で、階層別の全生重を測定するとともに、樹幹解析に使用する円板を採取した。枝については、葉を分離した後で全生重を測定した（写真1）。なお、幹や枝の生乾重比を算出するため、各階層の幹や枝からサンプルを採取し、その生重と乾重を測定した。

根は原則として伸長する全範囲を掘取り、全生重を測定した（写真2）。土壌の掘削には圧縮空気を噴射して土壌を除去するエアースコップを使用した。なお、根の生乾重比を算出するため、主根と枝根からサンプルを採取し、その生重と乾重を測定した。

〔研究結果〕

1. 木質部乾重の算出

木質部乾重は、現地作業時に測定した木質部生重へサンプルの生乾重比（乾重/生重）を乗じることで算出した（表2）。

2. 樹幹解析による樹木の成長過程の把握

幹の各階層から採取した円板の年輪幅を読み取り、樹幹解析図を作成した（図1）。そして、胸高直径と木質部乾重との関係、樹齢と胸高直径との関係を明らかにし、個々の樹木の成長過程を把握した（図2および図3）。

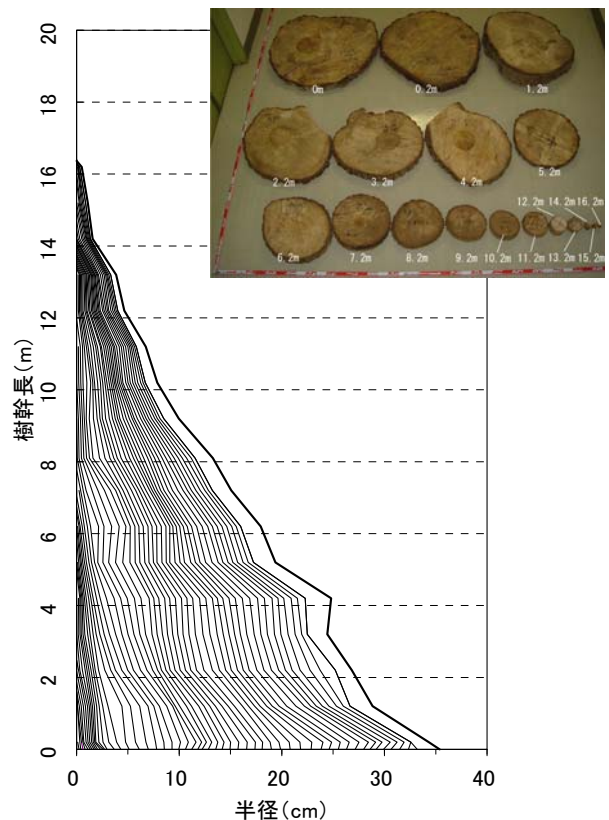


図1 樹幹解析図（写真は図の作成に用いた円板）

例としてイチョウ（No.4）の樹幹解析図を示す。図に記された折れ線は年輪を表しており、この調査対象木の樹齢は52年と推定された。

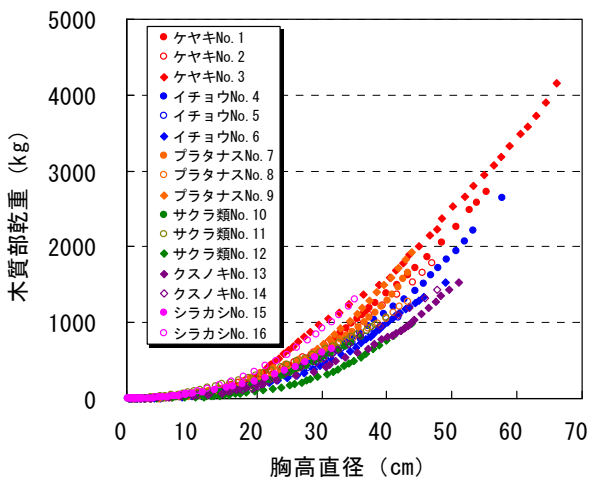


図2 胸高直径と木質部乾重の関係（樹幹解析による）

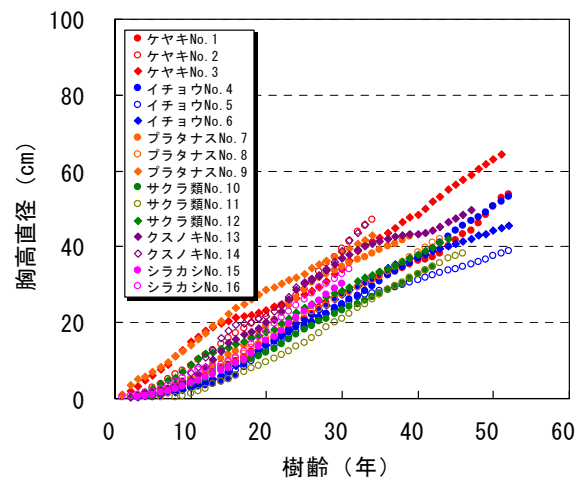


図3 樹齢と胸高直径の関係（樹幹解析による）

3. 年間 CO₂ 固定量予測式の開発

(1) 胸高直径と木質部乾重との関係

一般に、樹木の各器官の重量等の物理量 (Y) と樹木の形状寸法 (X) との間には、相対成長式 $Y = aX^b$ (a, b は定数) が成り立つことが知られている³⁾。そこで、本研究と先行研究から得られた胸高直径と木質部乾重の関係を、樹種別に相対成長式で近似させた。なお、解析に用いた調査対象木は、本数が5本以上となるケヤキ、イチョウ、プラタナス、クスノキ、シラカシ、マテバシイとした（ただし、マテバシイは先行研究のデータのみで解析）。解析の結果、決定係数はどの樹種も0.9以上であった。また、図2に示した個々の樹木の成長曲線と近似しており、ここで求めた相対成長式は、樹木の成長をよく示していると考えられた（例として、ケヤキの結果を図4に示す）。

(2) 胸高直径と樹齢との関係

次に、樹齢と胸高直径の関係を把握した。その結果、図3に示した個々の樹木における樹齢と胸高直径の関係と同様に、ほぼ直線の関係であることが示された。また直線近似による決定係数は、どの樹種も0.9前後を示していた（例として、ケヤキの結果を図5に示す）。

(3) 年間木質部乾重成長量予測式の作成

図4に示した相対成長式により、特定の胸高直径に至るまでにどのくらい成長したのか（どのくらい CO₂ を固定してきたのか）を推定することが可能となった。次に、ある特定の胸高直径における年間成長量を把握する式（年間木質部乾重成長量予測式）を開発した。

年間木質部乾重成長量は、胸高直径 (X) における木質部乾重と、1年後の増加量 (c) を加えた胸高直径 (X+c) における木質部乾重の差となることから、以下の式で表すことができる。

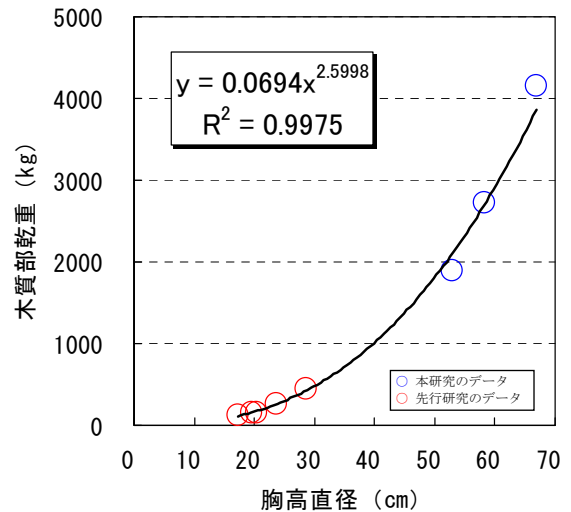


図4 胸高直径と木質部乾重の関係（ケヤキ）

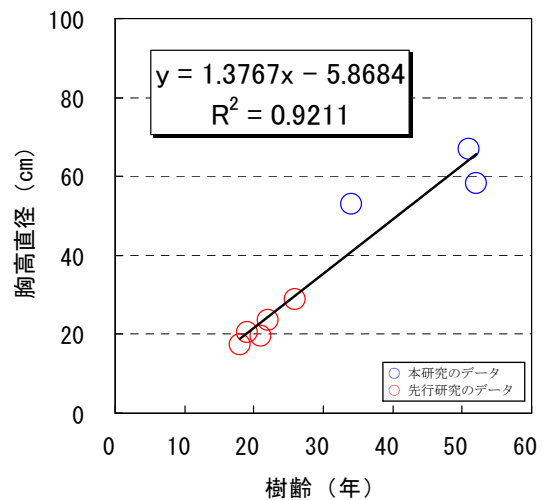


図5 樹齢と胸高直径の関係（ケヤキ）

$$Y = a(X + c)^b - aX^b = a\{(X + c)^b - X^b\} \dots (1)$$

Y : 年間木質部乾重成長量 (kg/年)
 X : 胸高直径 (cm)
 a, b : 胸高直径と木質部乾重の相対成長式から得られる定数
 c : 胸高直径の年間成長量 (cm/年)

上記予測式の作成過程について、ケヤキを例として説明する。胸高直径の年間成長量は、図5に示した直線回帰式の傾きから約1.4cm/年となる。そこで、この数値と図4に示した相対予測式 ($Y=0.0694X^{2.5998}$) の定数を式(1)へ代入することで、以下のようなケヤキの年間木質部乾重成長量予測式となる。

$$Y = 0.0694\{(X + 1.4)^{2.5998} - X^{2.5998}\} \dots (2)$$

他の調査対象木の予測式についても同様に作成し表3に示した。そして、年間木質部乾重成長量予測式に1.83を乗じ、年間CO₂固定量予測式とした(表4)。なお、予測式をグラフ化したものを図6に示す。

参考までに、調査対象木のケヤキ No. 1 (胸高直径: 58.3cm) について、その年間木質部乾重成長量を算出すると172kg/年となり、これを年間CO₂固定量へ換算すると315kg/年となる。

[まとめ]

本研究により、我が国における都市緑化樹木の年間CO₂固定量を推定することが可能となった。しかし、予測式を用いてCO₂固定量を算定する場合、その算定対象となる樹木1本毎の胸高直径を明らかにする必要がある。今後は、全国的に得られる行政データを活用して日本全体のCO₂固定量が簡易に推定できる原単位にとりまとめる予定である。また、調査対象木はすべて関東地方に生育していた樹木であるため、関東地方と異なる気候の地域に生育している樹木についても同様の調査を行い、全国的な成長量の差について比較検討する予定である。

[参考文献]

- 1) 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 (1) :26-31.
- 2) 三浦伊八郎、西田屹二 (1933) 木材科学, 丸善出版.
- 3) 佐藤大七郎 (1973) 陸上植物群落の物質生産 I a-森林一, 共立出版.

表3 年間木質部乾重成長量予測式

	年間木質部乾重成長量予測式
ケヤキ	$Y=0.0694\{(X+1.4)^{2.5998}-X^{2.5998}\}$
イチョウ	$Y=0.0364\{(X+1.0)^{2.7122}-X^{2.7122}\}$
プラタナス	$Y=0.0434\{(X+1.2)^{2.7773}-X^{2.7773}\}$
クスノキ	$Y=0.0377\{(X+1.4)^{2.64}-X^{2.64}\}$
シラカシ	$Y=0.119\{(X+1.3)^{2.4875}-X^{2.4875}\}$
マテバシイ	$Y=0.0363\{(X+0.7)^{2.8665}-X^{2.8665}\}$

Y : 年間木質部乾重成長量 (kg/年)
 X : 胸高直径 (cm)

表4 年間CO₂固定量予測式

	年間CO ₂ 固定量予測式
ケヤキ	$Y=0.127\{(X+1.4)^{2.5998}-X^{2.5998}\}$
イチョウ	$Y=0.0667\{(X+1.0)^{2.7122}-X^{2.7122}\}$
プラタナス	$Y=0.0796\{(X+1.2)^{2.7773}-X^{2.7773}\}$
クスノキ	$Y=0.0691\{(X+1.4)^{2.64}-X^{2.64}\}$
シラカシ	$Y=0.218\{(X+1.3)^{2.4875}-X^{2.4875}\}$
マテバシイ	$Y=0.0665\{(X+0.7)^{2.8665}-X^{2.8665}\}$

Y : 年間CO₂固定量 (kg/年)
 X : 胸高直径 (cm)

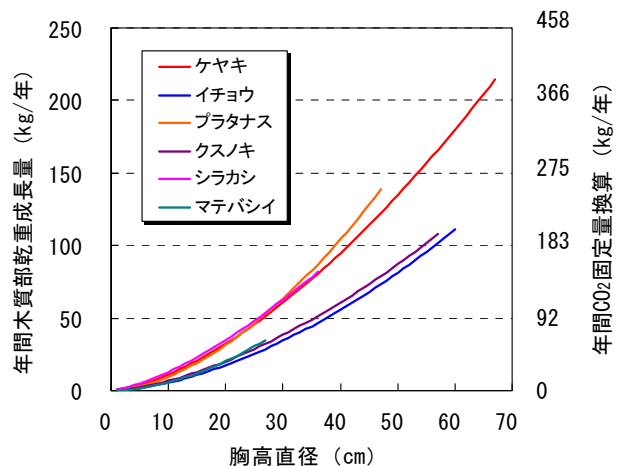


図6 胸高直径と年間木質部乾重成長量の関係