

# 都市緑化樹木の CO<sub>2</sub> ストック変化量把握に関する研究

Research on estimating the amount of CO<sub>2</sub> fixed by planted trees in cities

(研究期間 平成 18~20 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 ten planted trees in cities using stem analysis to estimate the amount of CO<sub>2</sub> fixed by planted trees in cities

## [研究目的及び経緯]

第3回気候変動枠組条約締約国会議で採択された京都議定書<sup>1)</sup>において、CO<sub>2</sub>など6種類の温室効果ガスが削減・排出抑制の対象となった。そして、日本は2008年から2012年の期間に、温室効果ガスを基準年(1990年)と比較して6%削減することが定められた。

平成17年2月に京都議定書が発効したことを受け、政府は「京都議定書目標達成計画」<sup>1)</sup>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。同計画では、CO<sub>2</sub>の吸収・固定源対策の一つとして都市緑化の推進が掲げられているが、CO<sub>2</sub>の吸収・固定を把握するための知見は十分ではなく、その算定方法等について精査・検討が必要とされている。

そこで本研究は、都市緑化樹木を対象としたCO<sub>2</sub>固定原単位の把握を目的とする。

## [18年度の研究内容]

藤原ら<sup>2)</sup>は、樹齢30年程度までの都市緑化樹木を対象として、CO<sub>2</sub>固定量の算定の原単位となる特定の樹高または胸高直径における年間木質部乾重成長量予測式を作成している。この予測式は比較的若齢の樹木を対象としているため、予測式の適応範囲は樹高にして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。

そこで平成18年度は、上記予測式の適用範囲を広げることが目的として、樹齢30年以上の都市緑化樹木を

対象とした年間木質部乾重成長量予測式を作成した。なお、CO<sub>2</sub>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。木質部の炭素(C)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<sup>3)</sup>、木質部乾重成長量をCO<sub>2</sub>固定量へ換算する場合には、木質部乾重の50%へCO<sub>2</sub>とCの分子量の比(44/12)を乗じることとした。

## [研究方法]

本研究は、藤原ら<sup>2)</sup>の手法を用いた。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、幹から採取した円板を用いて樹幹解析を行い、調査対象木の成長過程(樹齢、幹材積量、樹齢毎の樹高ならびに胸高直径、木質部乾重成長量)を明らかにした。最後に、特定の樹高または胸高直径における年間木質部乾重成長量予測式を作成した。

## [研究成果]

### 1. 調査対象木の選定

調査対象木を表1に示す。選定条件は、①藤原ら<sup>2)</sup>と同樹種であること、②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、③樹齢30年以上と推定されることとし、5樹種10本(落葉樹3種、常緑樹2種)を選定した。

表1 調査対象木

樹種	ケヤキ		イチョウ		ブラタナス		クスノキ		シラカン	
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10
植栽地	東京都立川市		千葉県君津市		茨城県八千代町		東京都立川市		栃木県茂木町	
樹齢	52	34	52	52	39	43	64	81	30	31
樹高 m	17.6	18.6	16.5	15.1	20	20	14.8	13.2	12.05	13.1
胸高直径 cm	58	50	59.9	43.6	45	40.1	53	54	33.1	36.3

## 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(0.2m、1.2m、2.2m...)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。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(写真1)。

根は伸長する全範囲を掘取った。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。掘取った根は根株と枝根に分け、それぞれの全生重を測定した。また、根の生乾重比を算出するため根株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(写真2)。

## 3. 木質部乾重の算出

木質部乾重およびサンプルの生乾重比を表2に示す。調査対象木の木質部乾重は、地上部の伐倒や根の掘取りの際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。

## 4. 樹幹解析による樹木の成長過程の把握

### (1) 樹幹解析図の作成

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。例としてイチョウ(No.3)の樹幹解析図を図1に示す。この図に記された折れ線は年輪を表しており、樹齢は52年と推定された。

### (2) 幹材積成長量の算出

樹幹解析図に記された折れ線と、縦軸および横軸に囲まれた部分が、各樹齢における幹の縦半分の形状を表している。そこで、樹幹解析図の縦軸を回転軸とした回転体の体積を算出することで、幹材積を求めた(図2)。

### (3) 形状寸法の年間成長量

樹幹解析により明らかとなった、樹齢と形状寸法(樹高や胸高直径)を用いて、樹高や胸高直径の年間成長量を求めた(図3)。その結果、樹齢と形状寸法の関係はほぼ直線で近似でき、年間成長量は、樹高が0.1~0.5m/年、胸高直径が0.6cm~1.2cm/年であった。

### (4) 木質部乾重成長量の算出

幹については、各樹齢における比重を一定と仮定し幹乾重へ樹幹解析から求めた各樹齢の幹材積量の比を乗じることで、各樹齢における幹の乾重成長量を算出した。枝と根についても幹と同様の割合で成長するものと仮定して、木質部乾重を算出した(図4)。



写真1 地上部の伐倒作業

- ①地際で伐倒 ②幹を階層毎に切断 ③幹と枝の分離  
④枝と葉の分離 ⑤幹の生重測定 ⑥枝の生重測定  
⑦円板採取



写真2 根の掘取り作業

- ①作業状況 ②掘取った根 ③伸長状況 ④生重測定

表2 木質部乾重、サンプルの生乾重比

樹種	ケヤキ		イチョウ		プラタナス		クスノキ		シラカシ		
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	
木質部乾重 kg	幹	659.6	643.6	673.2	371.9	760.1	593.2	805.2	675.5	286.6	370.0
	枝	1466.6	878.1	1055.1	271.9	367.8	257.6	420.9	289.8	230.3	596.3
	根	602.2	364.0	917.3	428.9	534.8	416.5	526.2	391.8	141.7	334.3
	木質部合計	2728.4	1885.7	2645.6	1072.7	1662.7	1267.3	1752.3	1357.1	658.6	1300.6
生乾重比	幹	0.59	0.62	0.44	0.42	0.51	0.50	54.13	50.13	60.61	63.37
	枝	0.63	0.64	0.46	0.49	0.52	0.52	59.40	55.17	56.37	59.35
	根	0.58	0.65	0.43	0.42	0.45	0.48	47.25	50.30	56.55	58.80

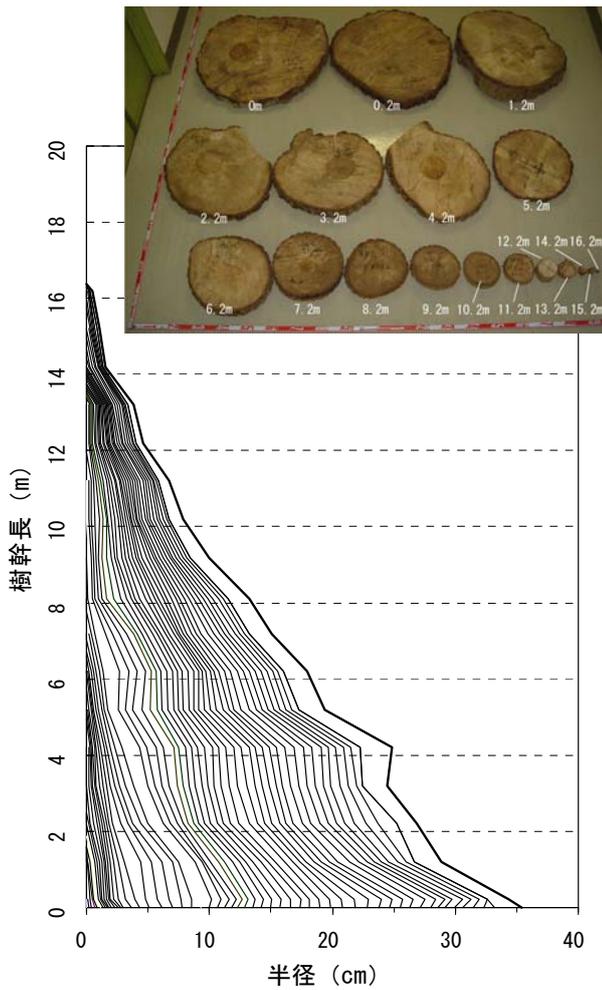


図1 イチヨウ (No. 3) の樹幹解析図  
(右上の写真は、樹幹解析図の作成に用いた円板)

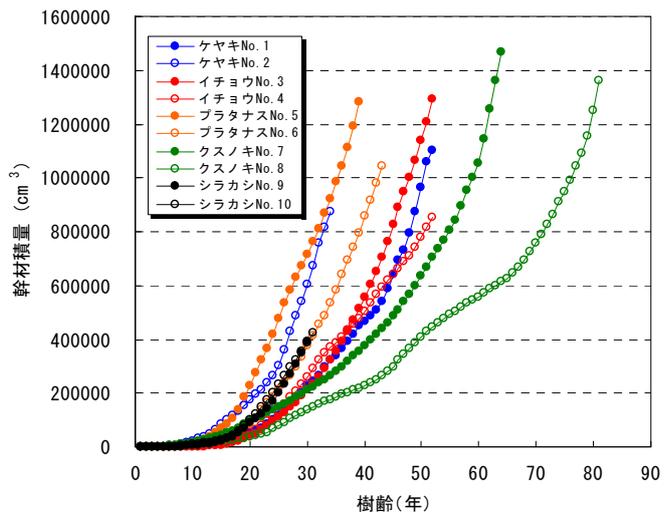


図2 幹材積

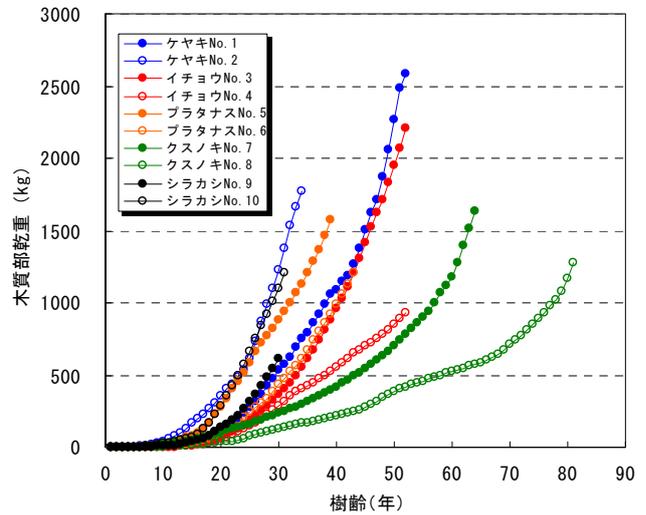


図4 木質部乾重

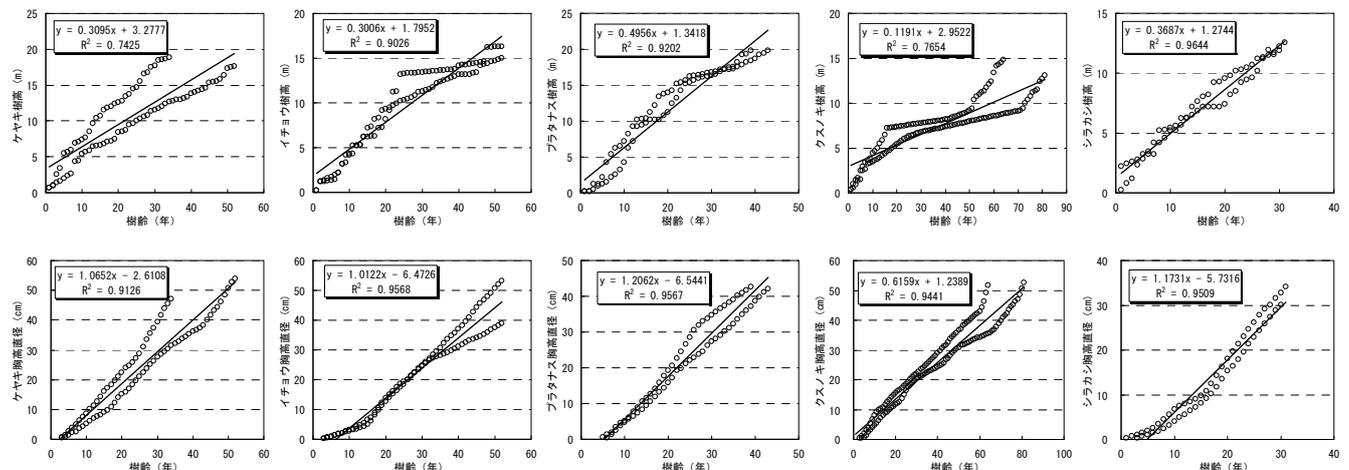


図3 樹齢と形状寸法の関係  
(上段：樹齢と樹高の関係 下段：樹齢と胸高直径の関係)

## 5. 予測式の作成

### (1) 木質部乾重成長量予測式の作成

これまでの結果より、ある特定の樹齢における木質部乾重を推定することは可能となった。しかし、実際に植栽されている樹木を伐倒し、その樹齢を判断することや成長量を計測することは現実的ではない。そこで、簡易な方法として樹木の形状寸法から木質部乾重を算出することが効率的である。

そこで先に示した樹幹解析から得られている、樹齢毎の樹高と胸高直径 (図 3) を用いて木質部乾重成長量予測式を作成した。

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<sup>4)</sup>。そこで、樹幹解析から得られた樹高や胸高直径と、木質部乾重との関係を相対成長式で求めた (表 3)。その結果、 $R^2$  (決定係数) はほとんどの予測式において 0.9 以上を示し、高い相関を有していた。また、樹高に比べて胸高直径の方が高い相関を有していた。

### (2) 年間木質部乾重成長量予測式の作成

上記の予測式によって、樹木が伐倒されるまでにどのくらい成長したのか (CO<sub>2</sub> を固定したのか) を算出することが可能となった。最後に、ある特定の形状寸法の樹木が、1 年間にどれだけ CO<sub>2</sub> を固定するのかを把握するため、年間木質部乾重成長量予測式を作成した (表 4)。

年間木質部乾重成長量と、樹幹解析より得られた形状寸法の年間成長量の関係は、以下の式で表すことができる。

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

Y : 年間木質部乾重成長量 (kg/年)

X : 形状寸法 (樹高または胸高直径)

a, b : 木質部乾重と、樹高もしくは胸高直径との相対成長式から得られる定数 (表 3)

c : 樹齢と形状寸法の関係から得られる年間成長量 (図 3)

上記予測式の作成過程について、イチヨウの胸高直径を例として説明する。イチヨウ 1 本の胸高直径が 1 年間に平均的な成長をすると仮定した場合、その年間成長量は、図 3 の式から 1.0122cm/年となる。胸高直径を Xcm とした場合の年間成長量は  $\{(X+1.0122) - X\}$  であるため、これを表 3 の式へ代入することで、以下に示したようなイチヨウの年間木質部乾重成長量予測式を表すことができる。

$$Y = 0.2579\{(X + 1.0122)^{2.2166} - X^{2.2166}\}$$

表 3 木質部乾重成長量予測式

	樹高 X (m)		胸高直径 X (cm)	
	予測式	R <sup>2</sup>	予測式	R <sup>2</sup>
ケヤキ	$Y=0.0887X^{3.3915}$	0.95	$Y=0.7348X^{1.9943}$	0.98
イチヨウ	$Y=0.0325X^{3.6353}$	0.93	$Y=0.2579X^{2.2166}$	0.98
ブラタナス	$Y=0.1814X^{2.7402}$	0.95	$Y=0.7005X^{1.947}$	0.95
クスノキ	$Y=0.0876X^{3.8378}$	0.97	$Y=0.3839X^{2.0261}$	0.97
シラカシ	$Y=0.0568X^{3.5901}$	0.87	$Y=0.5248X^{2.1031}$	0.99

Y : 木質部乾重 (kg)

表 4 年間木質部乾重成長量予測式

	形状寸法	予測式
	ケヤキ	樹高
胸高直径		$Y=0.7349\{(X+1.0652)^{1.9943}-X^{1.9943}\}$
イチヨウ	樹高	$Y=0.0325\{(X+0.3006)^{3.6353}-X^{3.6353}\}$
	胸高直径	$Y=0.2579\{(X+1.0122)^{2.2166}-X^{2.2166}\}$
ブラタナス	樹高	$Y=0.1814\{(X+0.4956)^{2.7402}-X^{2.7402}\}$
	胸高直径	$Y=0.7005\{(X+1.2062)^{1.947}-X^{1.947}\}$
クスノキ	樹高	$Y=0.0876\{(X+0.1191)^{3.8378}-X^{3.8378}\}$
	胸高直径	$Y=0.3839\{(X+0.6159)^{2.0261}-X^{2.0261}\}$
シラカシ	樹高	$Y=0.0568\{(X+0.3687)^{3.5901}-X^{3.5901}\}$
	胸高直径	$Y=0.5248\{(X+1.1731)^{2.1031}-X^{2.1031}\}$

Y : 年間木質部乾重成長量 (kg/年)

参考までに、この予測式より本研究で調査対象木となったイチヨウ No. 3 (胸高直径 : 59.9cm) の年間木質部乾重成長量を算出すると 85.0kg/年となり、これを年間 CO<sub>2</sub> 固定量へ換算 (木質部乾重 × 0.5 × CO<sub>2</sub> と C の分子量の比) すると、155.6kg/年となる。

### 【まとめ】

本研究により、樹齢 30 年以上の樹木を対象とした特定の樹高または胸高直径における年間木質部乾重成長量予測式を作成することができた。今後は、より精度の高い予測式へ改良するため、藤原ら<sup>2)</sup>が使用した若齢木のデータを加えらるとともに、調査対象木を増やすことを検討している。

### 【参考文献】

- 1) 京都議定書, 気象変動枠組み条約 : 環境省ホームページ<<http://www.biodic.go.jp/>> (平成 19 年 12 月 17 日参照).
- 2) 藤原宣夫・山岸 裕・村中重仁 (2002) 都市緑化樹木による CO<sub>2</sub> 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.
- 3) 三浦伊八郎・西田吃二 (1933) 木材科学, 丸善出版.
- 4) 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.