

日本における都市樹木の CO₂ 固定量算定式

松江正彦^{*1)}・長濱庸介¹⁾・飯塚康雄¹⁾・村田みゆき²⁾・藤原宣夫³⁾

- 1) 国土交通省 国土技術政策総合研究所 National Ins. for Land and Infra. Manag., Ministry of Land, Infra., Transport and Tourism.
- 2) 京都大学大学院地球環境学舎 Graduate School of Global Environmental Studies, Kyoto Univ.
- 3) 岐阜県立国際園芸アカデミー Gifu International Academy of Horticulture

摘要: 温室効果ガスの主要な構成要素である CO₂ を減らすためには、排出量を減らすことと併せて、植物による吸収・固定を推進させることが必要である。都市緑化等の推進は、その対策の一つとして重要な役割を担っており、その効果を定量的に明らかにし、京都議定書の報告等にも活用可能な算出手法の開発が求められている。本研究では、木質部重量の増加量から CO₂ の固定量が算定できることに着目し、我が国の街路樹や都市公園などに多用されている樹木の部位毎の乾燥重量測定・樹齢判読等を行い、胸高直径を基にした樹木 1 本当たりの年間 CO₂ 固定量の算定式の作成を試みることにした。これまでに、樹齢 20 年前後の 6 樹種を対象に同様の手法で研究・報告を行っているが、今回はその内の 5 種に新たな 1 種を加え、樹齢 30 年から 50 年前後の樹木を調査対象とし、先行研究のデータと合わせて解析した。その結果、樹齢 50 年前後までを適応範囲とする年間木質部乾重成長量の算定式とそれを基にした年間 CO₂ 固定量算定式を作成した。今後さらなる研究を進め、都市緑化樹木の CO₂ 吸収・固定効果を明らかにすることで、都市緑化の促進に貢献するものと考えられる。

キーワード: 都市緑化, 樹木成長, 炭素固定量, 相対成長式, 京都議定書

MATSUE, Masahiko, NAGAHAMA, Yosuke, IIZUKA, Yasuo, MURATA, Miyuki and FUJIWARA, Nobuo: **Estimation equations for the amount of CO₂ fixed by planted trees in cities in Japan.**

Abstract: In order to encounter the climate change, reducing CO₂ emission and increasing the CO₂ accumulation and sequestration by plants are effective measures. Promoting urban greening is also effective, and determining the amount of CO₂ accumulation is significant. Moreover, it is desirable that the estimation method is practical and applicable in reporting under Kyoto Protocol. The objective of this study is to estimate the annual CO₂ accumulation of common greening tree species for sideways and city parks in Japan. We used the annual biomass growth rate for the estimation. Dry biomass weight was measured and stem analysis was conducted. Then, annual biomass growth rate was determined based on its allometry relationship with the d.b.h. Although the previous estimation study focused on the sequestration rate of 6 species for 20 years' period, we targeted the sequestration rate of same 5 species with 1 new species for 50 years' period. The obtained data and prior study's data were analyzed altogether, and the accumulation estimation equations were developed for each species. This study shows one of the benefits of urban greening, a role of the carbon sink. It is expected to contribute in promoting the further urban greening in Japan

Key words: Urban greening, tree growth, carbon sequestration amount, allometry equation, Kyoto Protocol

1. はじめに

2005 年 2 月に発効した京都議定書において、我が国は 2008 年から 2012 年の第 1 約束期間に、温室効果ガスを基準年 (1990 年) と比較して 6% 削減することが義務づけられている。その後 2007 年の気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 第 4 次評価報告書では、気候システムの温暖化には疑う余地がなく、その原因を人為起源の温室効果ガスの増加であるとほぼ断定している。また同報告では、今後追加的な温暖化対策がなされない場合には、2100 年までに世界平

均気温が 1.8~4 度上昇することを予測し、その影響として、洪水や暴風被害の増加や種の絶滅リスクの増加などがあるとし、早急な実効性のある対策を求めている¹⁾。

温室効果ガスの主要な構成要素である CO₂ を減らすためには、排出量を減らすことと併せて、植物による吸収・固定を推進させることが必要である。政府の示した「京都議定書目標達成計画」(平成 17 年作成, 平成 20 年全部改定)においても、温室効果ガスの排出削減, 吸収等に関する対策・施策が掲げられており、都市緑化等の推進も、CO₂ の吸収源対策の一つとして位置づけられている¹⁰⁾。

* 連絡先著者 (Corresponding author): E-mail: matsue-m92ta@nilim.go.jp
〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 1 Asahi, Tsukuba, Ibaraki 305-0804, Japan

京都議定書上の、吸収源対策としての都市緑化等の扱いは、2001年に開催されたCOP7において、開発地における植生回復という分野で計上することが可能となった。また、各国の吸収源に対する計上・報告方法については、2004年に開催されたCOP10においてIPCCの作成した「土地利用、土地利用変化及び林業に関するグッド・プラクティス・ガイドランス (LULUCF-GPG)」⁹⁾を採用することが合意された。

このLULUCF-GPGには、炭素ストック量の変化は一般に成長量から損失量を差し引いて求めることとし、成長量の算出に当たってTier1・Tier2・Tier3の3つの階層の算出方法が示されている。これら3つの階層の算出方法のうちTier1は世界共通のデフォルト値として提示された数値を使用する方法で、樹冠被覆面積当たりの成長量から求める樹冠面積被覆法 (Tier1a) と、樹木一個体当たりの樹木成長量から求める樹木成長量法 (Tier1b) について、それぞれの考え方及び、アメリカにおける研究事例を基に求められたそれぞれのデフォルト値が示されている。さらに、炭素ストック量における成長量と損失量の関係については、成長量をTier1により算出する場合には、平均樹齢20年までは損失量は0とし成長量のみデフォルト値を使用することができる一方、20年を超えた場合には剪定や枯死によるCO₂排出の影響を考慮して、成長量と損失量は等しいと仮定してトータル炭素ストック量の変化は0として扱うこととしている。しかし、Tier1はどちらも世界共通のデフォルト値を使うため精度が低くなり、実際の報告ではできるだけ各国固有の気候帯別または土地利用別のデフォルト値を使用する方法Tier2、あるいは新たな精度の高い算出方法Tier3の使用が推奨されている。さらにTier2の使用に当たっては炭素ストック量における成長量と損失量の関係についてはTier1で示された仮定に頼らず、明確に算定すべきとされている。

我が国は、京都議定書に向けてのトライアル報告となる2006年3月、2007年3月末時点の報告においては、樹木一個体当たりの樹木成長量から求めるTier1bを用いて算出を行っているが、本報告にあたっては、我が国の樹木の生育特性を反映させた独自の算定式の作成が求められている。

これまで、我が国における都市緑化樹木の樹木一本当たり炭素固定量に関しては、国土技術政策総合研究所の前身の土

木研究所において先行研究 (以下「先行研究」という。) が進められてきており、藤原らによりケヤキ、シラカシなど6の樹種に対して樹幹解析法を用いて年間の炭素固定量を求める式が示されている²⁾。ただし、これらの成果は樹齢20年前後の比較的若い樹木を対象とした調査によって求めているため、それよりも大きな樹木が20年以降どのような成長をし、CO₂固定量がどのように推移していくのかについては把握することができない。

筆者らは、先行研究の手法²⁾を参考に、またそのデータを一部活用しつつ、我が国における京都議定書の報告においてTier2としての活用を目的に、50年前後の樹齢までを適用範囲とした、都市緑化に多く使われている樹種の相対成長式および年間CO₂固定量算定式を作成した。

2. 方 法

2.1 調査対象木

調査対象木の樹種は、都市緑化に多く用いられている代表的樹種とし、その中でも先行研究で得られたデータと合わせて解析を行えるよう、先行研究と同じ樹種からクスノキ (*Cinnamomum camphora* Sieb.), シラカシ (*Quercus myrsinaefolia* Bl.), ケヤキ (*Zelkova serrata* Makino), イチョウ (*Ginkgo biloba* L.) の4種と、先行研究で調査したプラタナス (*Platanus orientalis* L.) の近縁種であるアメリカスズカケノキ (*Platanus occidentalis* L.) を選定し、さらに都市緑化に多く使われているサクラ類からソメイヨシノ (*Prunus ×yedoensis* Matsum.), ヤマザクラ (*Prunus Jap-masakura* Sibe) を追加した。また生育環境についても先行研究と同様の環境となるよう関東地方の平野部の圃場等で育成されている最近に剪定されていない樹木より選定した。さらに樹齢については、50年前後で、最低でも30年以上となる樹木を選定した。選定した今回の調査対象木の樹種、植栽地、形状寸法は、表-1のとおりである。

なお、CO₂固定量の算定対象は、先行研究と同じく、木質化することで長期間固定が継続する幹・枝・根からなる木質部とし、葉は一時的には固定されるものの、落葉により短期間で失われるため常緑樹も含めて算定対象からは除外した。

2.2 伐倒・根の掘取りと木質部生重の算出

調査対象木は、原則落葉樹の葉が落葉している冬季に伐倒

表-1 調査対象木一覧

Table 1 List of trees and data used for studies.

樹 種	クスノキ		シラカシ		ケ ヤ キ			イ チ ョ ウ			アメリカ スズカケノキ			ソメイ ヨシノ		ヤマ ザクラ
植 栽 地	千葉県袖ヶ浦市蔵波地先		栃木県茂木町山内地先		東京都立川市西砂町	千葉県袖ヶ浦市蔵波地先		千葉県君津市馬登地先			茨城県八千代町若地先			千葉県袖ヶ浦市蔵波地先		千葉県袖ヶ浦市蔵波地先
樹高 m	12.5	13.5	12.1	13.1	17.6	18.6	19	16.5	15.1	16.5	20	20	23	14	10.6	11.9
幹周(0.2 m 高)cm	216	232	130	140	235	187	269	215	175	205	220	190	207	145	133	148
幹周(1.2 m 高)cm	178	162	104	114	183	166	210	188	137	165	140	126	146	116	135	150
枝張り(最大)m	9.5	12.3	7.05	10.3	12.4	12.2	19.1	10.7	10.6	13	11.3	14.9	12.3	14.2	13.7	16.7
枝張り(最小)m	9	7.2	6.1	8.8	10.3	9.5	13.7	9.6	6.4	11	7.5	4.2	6.6	9.6	9.2	10.7

し、合わせて根の掘り取り作業をおこなった。作業はまず、地上部を地際で伐倒した後、幹については地上 0.2 m の位置から原則 1 m 間隔に階層を区切り、根元側から階層毎 (0.2 m, 1.2 m, 2.2 m...) に切断した。次に枝を幹から分枝している位置により階層分類した上で分離した。引き続き、幹については階層別の全生重を、枝については、葉を分離した後で、同じく階層別の全生重を測定した。

根は伸長する全範囲を掘取った。掘削には細根まで丁寧に掘り取れるよう、圧縮空気を噴射して土壌を除去するエアースコップを活用した。掘取った根は、土を落とした後で全生重を測定した。

2.3 木質部乾重の算出

次に木質部の乾燥重量を求めるために、幹や枝については階層毎に、根については主根部と細根部からそれぞれサンプルを採取し、生重を測定した。さらに、そのサンプルを恒温乾燥機に入れ、85℃ にセットし、それ以上乾燥が進まなくなるまで (樹種や部位によって異なるが 10 日~20 日程度) 乾燥させ、その乾重を測定した。さらに、求めた生重と乾重によりそれぞれの部位・階層別の生乾重比を算出した。最後に、調査木の部位・階層別の全生重に、それぞれの生乾重比をかけ、調査木の器官別の全乾重及びそれらを合わせた木質部全乾重を算出した。

2.4 樹齢の計測

調査対象木の伐倒時点における樹齢は、地上 0.2 m の切断面に見られる年輪より判読した。また中心部に一部腐朽等があり年輪を判読できないときは、腐朽のない断面の年輪判読により推測した。なお、筆者らはこれと合わせて、本研究において得られた各樹木の地上 0.2 m から 1 m おきに切断した各階層の切断面の年輪を読み取るにより樹幹解析を行い、個々の樹木の生育特性等を調べており、この解析結果については別途報告している。

3. 結果および考察

3.1 重量測定及び樹齢判読結果

今回測定を行った調査対象木の器官別の乾重、器官乾重比、及び樹齢を表-2 に示す。

3.2 樹種毎の成長量算定式の作成

3.2.1 胸高直径と木質部乾重との相関関係

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、

$$Y = aX^b \quad (a, b \text{ は定数})$$

が成り立つことが知られている。そこで、樹木の木質部全乾重を Y とし、樹木の形状寸法を X として相対成長式を求めた。なお、X として扱う樹木の形状寸法としては樹高、胸高直径が計測し易いが、先行研究では、樹高を用いるよりも胸高直径を用いる方が高い精度が得られていることより、以降形状寸法 (X) としては胸高直径を用いて解析結果を示すこととする。

解析に用いる木質部乾重と胸高直径のデータは、今回の調査対象木のデータ (表-1) 及び、先行研究で用いた調査対象木より得られたデータ²⁾とし、その中から調査対象木の本数が 5 本以上の樹種 6 種 (プラタナスとアメリカスズカケノキはプラタナス類としてまとめる、マテバシイは先行研究のデータのみで新たに解析) について、樹種ごとの胸高直径と木質部乾重との関係を求めた (図-1)。胸高直径と木質部乾重の関係をみると、6 種とも決定係数 (R²) は 0.9 以上を示し、高い相関があると言える。なお別途、今回の調査によって得られた階層毎の円盤を基に樹幹解析により求めた個々の樹木の成長曲線は、ここで求めた相対成長式の曲線と近似することが確認され、相対成長式は、樹木の成長をよく示していることが推測された。

3.2.2 胸高直径と樹齢の相関関係

次に、胸高直径が年と共にどのように成長するかを明らかにするため、各調査対象木の樹齢と胸高直径の関係を調べた。

樹齢が高くなると胸高直径の増加量は減少していくものと考えられるが、先行研究では、どの樹種もほぼ直線の関係、つまり胸高直径は毎年一定量増加するという結果が得られている。そこで、先と同様に今回の調査対象木の胸高直径と樹齢のデータ及び、先行研究で用いた調査対象木から得られた胸高直径と樹齢のデータ²⁾を用いて、樹種ごとに解析対象とした樹齢範囲における樹齢と胸高直径の直線回帰式を求めた (図-2)。その結果、全ての樹種において決定係数 (R²) は 0.9 前後と高く、今回の樹齢の範囲においても胸高直径は毎年ほぼ一定量増加すると見なすことが出来た。

表-2 幹枝根の器官別乾重、器官乾重比・樹齢

Table 2 Dry weight of stem, branch and root. Fresh-dry weight ratio of each component. Tree age.

樹種	クスノキ		シラカシ		ケヤキ		イチヨウ		アメリカスズカケノキ			ソメイヨシノ		ヤマザクラ			
伐採解体年月日	2008.2.15-22		2007.1.15-19		2006.1.27-2.28	2008.2.12-13	2007.2.8-11		2008.1.18	2007.1.25-28		2008.1.21	2008.2.13-22		2008.2.14-21		
器官別乾重 (kg)	幹	484.4	475.5	286.7	369.8	659.6	643.6	1219.7	673.1	372.0	585.3	760.1	593.4	1022.7	364.9	335.1	384.2
	枝	657.3	475.3	230.4	596.8	1466.6	878.1	2024.8	1055.0	271.7	447.2	368.1	257.8	421.1	251.6	412.0	461.3
	根	393.9	482.6	141.7	334.0	602.2	364.0	908.5	917.1	428.6	495.6	534.6	416.2	476.5	194.7	324.5	144.8
器官乾重比 (%)	幹	31.5%	33.2%	43.5%	28.4%	24.2%	34.1%	29.4%	25.4%	34.7%	38.3%	45.7%	46.8%	53.3%	45.0%	31.3%	38.8%
	枝	42.8%	33.2%	35.0%	45.9%	53.8%	46.6%	48.8%	39.9%	25.3%	29.3%	22.1%	20.3%	21.9%	31.0%	38.4%	46.6%
	根	25.7%	33.7%	21.5%	25.7%	22.1%	19.3%	21.9%	34.7%	40.0%	32.4%	32.2%	32.8%	24.8%	24.0%	30.3%	14.6%
樹齢	47	33	30	31	52	34	51	52	52	52	39	43	34	42	46	44	

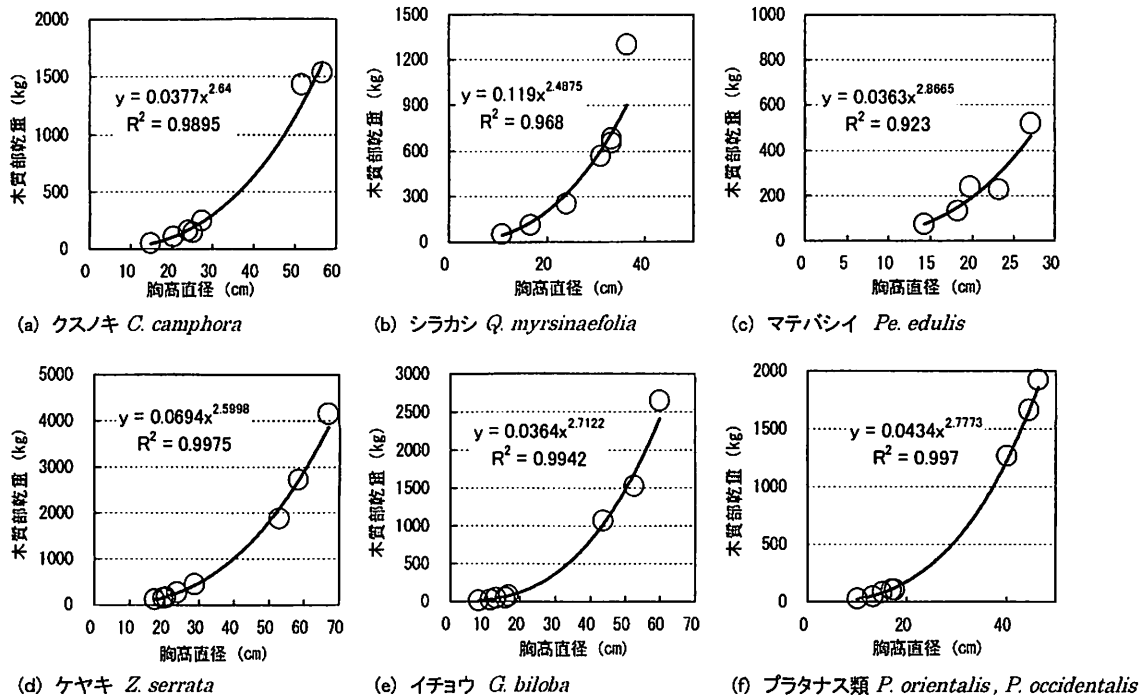


図-1 胸高直径と木質部乾重の相対成長式

Fig. 1 Regression curves of wood components' dry weight with tree d.b.h.

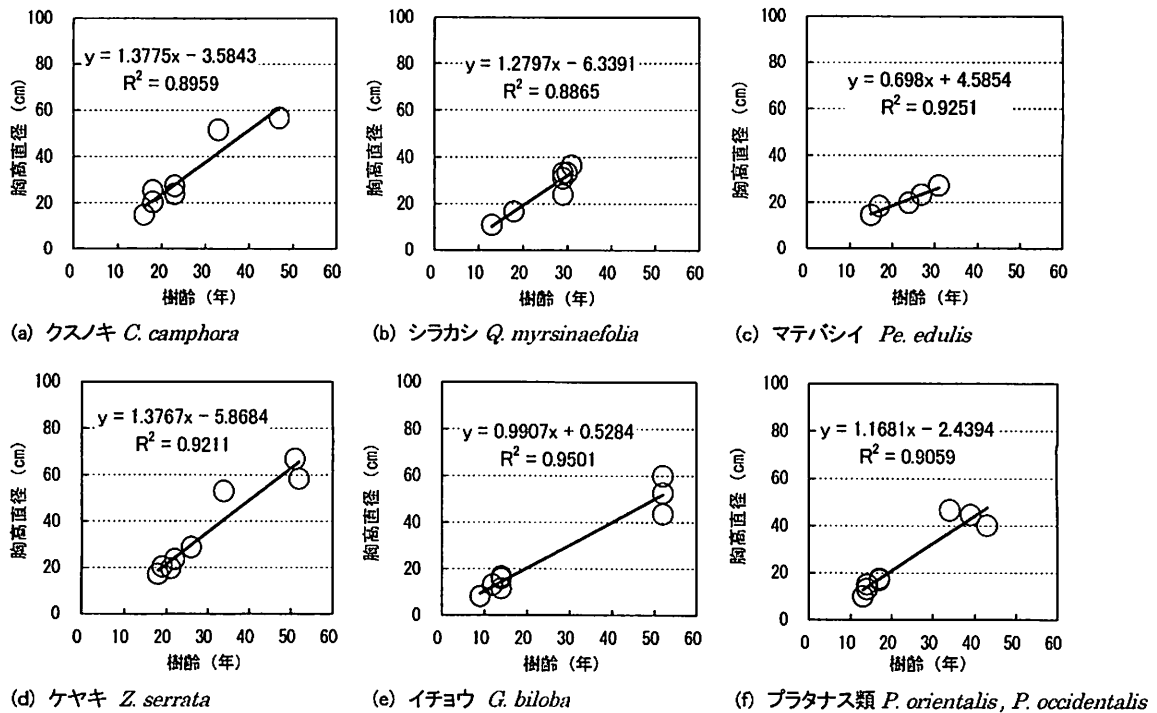


図-2 樹齢と胸高直径の関係

Fig. 2 Relationship between tree age and d.b.h..

3.2.3 年間木質部乾重成長算定式の作成

3.2.1 で求めた木質部乾重を Y 、胸高直径を X としたときの相対成長式 $Y = aX^b$ (a, b は定数) において、1年後の胸高直径の増加量を c とすると1年後の

木質部乾重は

$$Y = a(X+c)^b$$

となり、その1年間の木質部乾重の成長量を Y とすると、以下の式となる。

$$Y = a(X+c)^b - aX^b$$

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

- X : 胸高直径 (cm)
- a, b : 木質部乾重と胸高直径との相対成長式から得られる定数
- c : 樹齢との回帰式から得られる胸高直径の年間成長量 (cm)

クスノキを例にして述べると、1本のクスノキが、これから1年間に平均的な成長をすとした場合、期待される胸高直径成長量は、図-2の回帰式 ($y = 1.3775x - 3.5843$) から約1.4 cmである。

胸高直径 Xcm のクスノキに期待される年間木質部乾重成長量は、胸高直径 Xcm のクスノキと、胸高直径 (X+1.4) cm のクスノキとの木質部乾重の差となり、図-1のクスノキの相対成長式からその差を求める式は次のようになる。

$$Y = 0.0377 \{ (X+1.4)^{2.64} - X^{2.64} \}$$

同様にして作成した各樹種の胸高直径 Xcm の樹木に期待される年間木質部乾重成長量は表-3に示すようになる。

また木質部の炭素 (C) 含有量は、樹種に関わらず乾燥重量の約50%程度であることが知られているため⁸⁾、木質部乾重成長量を、木質部乾重の50%を乗じることにより年間の炭素固定量を求めることが出来る。さらに、ここで求まる年間の炭素固定量の値に、CO₂とCの分子量の比(44/12)を乗じることによりCO₂固定量に換算し、樹種毎の年間CO₂固定量算定式を作成した(表-4)。

3.3 樹種統合の成長量算定式の作成

3.2においては樹種毎の年間木質部乾重成長量算定式及び年間CO₂固定量算定式を求めたが、この算定式で我が国における都市樹木のCO₂固定量を算出するためには樹種毎に

表-3 年間木質部乾重成長量算定式

Table 3 Estimation equations of annual wood biomass growth. (dry-weight kg/y)

対象樹種	胸高直径による算定式
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	$Y = 0.0363 \{ (X+0.7)^{2.8665} - X^{2.8665} \}$
ケヤキ	$Y = 0.0694 \{ (X+1.4)^{2.5998} - X^{2.5998} \}$
イチヨウ	$Y = 0.0364 \{ (X+1.0)^{2.7122} - X^{2.7122} \}$
プラタナス類	$Y = 0.0434 \{ (X+1.2)^{2.7773} - X^{2.7773} \}$

Y: 年間木質部乾重成長量 (kg) X: 胸高直径 (cm)

表-4 年間CO₂固定量算定式

Table 4 Estimation equations of annual CO₂ accumulation.

対象樹種	胸高直径による算定式
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	$Y = 0.0666 \{ (X+0.7)^{2.8665} - X^{2.8665} \}$
ケヤキ	$Y = 0.127 \{ (X+1.4)^{2.5998} - X^{2.5998} \}$
イチヨウ	$Y = 0.0667 \{ (X+1.0)^{2.7122} - X^{2.7122} \}$
プラタナス類	$Y = 0.0796 \{ (X+1.2)^{2.7773} - X^{2.7773} \}$

Y: 年間CO₂固定量 (kg) X: 胸高直径 (cm)

算定式を使い分ける必要がある。そこで、ここでは算定式の適用を容易にできるように、先の6種に都市緑化樹木として多く用いられているサクラ類のデータを含めた7種の全データを用いて調査対象樹種統合の成長量算定式を求めることとした。

まず、3.2.1と同様の方法で、表-1に示した今回の調査対象木の全データと、先行研究で得られた全データより、胸高直径と木質部乾重の関係を先に示した相対成長式で近似させた(図-3)。その結果、7種統合の相対成長式も決定係数(R²)は0.96と高く、樹種に関係なく胸高直径と木質部乾重の間には高い相関関係があることが示された。

また同様にサクラ類を含めた7種全体のデータを用いて、樹齢と胸高直径の直線回帰式を求めた(図-4)。その結果、決定係数(R²)は0.87と、これも樹種ごとより若干低下したものの、なお高い数値を示しており、今回の樹種、樹齢の範囲においては胸高直径は毎年ほぼ一定量増加すると見なす

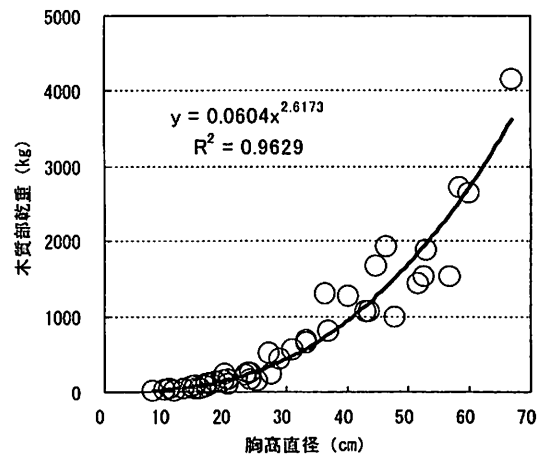


図-3 樹種を統合した場合の胸高直径と木質部乾燥重量の相対成長式

Fig. 3 Regression curves of wood components' dry weight with tree d.b.h. for combined data.

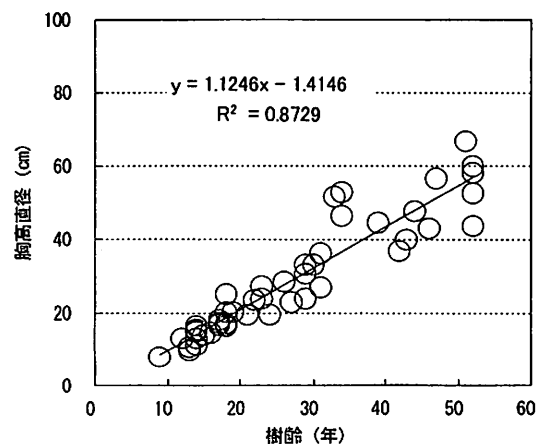


図-4 樹種を統合した場合の樹齢と胸高直径の関係

Fig. 4 Relationship between tree age and d.b.h. for combined data.

ことが確認された。

次に、図-3 によって得られた近似式 ($Y=0.0604 X^{2.6173}$) と図-4 の回帰式 ($Y=1.1246 X-1.4146$) によって得られた年間の平均的な胸高直径成長量約 1.1 cm を用いて、3.2.2 と同様の方法で全樹種統合の年間木質部乾重成長量算定式を求めると、

$$Y=0.0604 \{(X+1.1)^{2.6173}-X^{2.6173}\} \dots\dots\dots(2)$$

Y: 年間木質部乾重成長量 (kg)

X: 胸高直径 (cm)

が得られた。

また、先と同様に木質部乾重を CO₂ 固定量に換算することにより、全樹種統合の年間 CO₂ 固定量算定式

$$Y=0.111 \{(X+1.1)^{2.6173}-X^{2.6173}\} \dots\dots\dots(3)$$

Y: 年間 CO₂ 固定量 (kg)

X: 胸高直径 (cm)

が得られた。

3.4 成長量算定式のグラフ化

表-3 の樹種毎の年間木質部乾重成長量算定式と、(2) の樹種統合の年間木質部乾重成長量算定式は、それぞれ求めたい胸高直径を式の X に代入することにより、その年の年間木質部乾重の成長量を算定することが可能である。しかし、式のみでは樹種毎の違い等を比較することが困難なため、胸高直径を X 軸にとってグラフ化を試みた (図-5)。なお、右側の目盛りは年間 CO₂ 固定量に換算した値であり、グラフ上でそれぞれの曲線が示されている範囲は、今回調査を行った範囲である。

これらの胸高直径の範囲では、どれも胸高直径が大きくなるほど年間成長量は大きくなること、同じ胸高直径では、ケヤキ、プラタナス類、シラカシが他の樹種より成長量が多いことが示された。

また別途、今回の調査によって得られた階層毎の樹幹解析を基に、直接胸高直径とその年の年間木質部乾重成長量の関係を求めた曲線は、ここで求めた曲線と同様の傾向を示すことが確認され⁹⁾、今回求めた曲線は胸高直径と年間木質部乾重成長量の関係をよく示しているものと考えられた。

次に、これに図-2 及び図-3 で求めた樹齢と胸高直径の関係を代入することにより、X 軸に樹齢をとって同じく算定式をグラフ化すると図-6 のようになる。

これも今回調査を行った範囲では、どれも樹齢が高くなるほど年間成長量が大きくなる傾向が示された。

3.5 LULUCF-GPG との比較

今回得られた式の作成手法と、先に示した LULUCF-GPG に示されている Tier 1 b のデフォルト値の算出手法を比較するために、Tier 1 b のデフォルト値の算出方法を確認することとした。

LULUCF-GPG では Tier 1 b のデフォルト値として、Soft Maple や Mixed Hardwood など 10 通りの樹種クラス別樹木の年間平均炭素蓄積量が示されている。この数値は様々な相対成長式やアメリカの都市地域における野外データを基にしているとされているが、その根拠については「D. Nowak

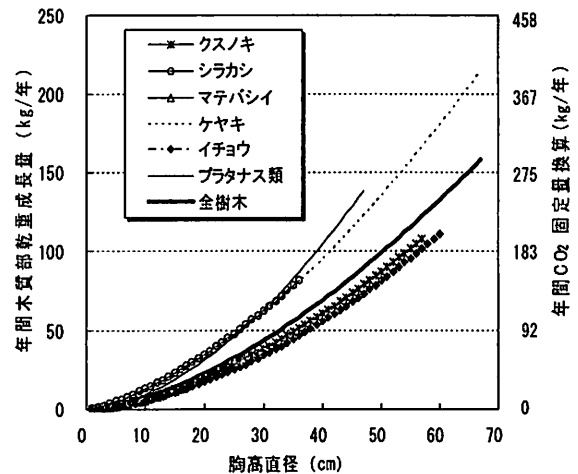


図-5 胸高直径と年間木質部乾重成長量の関係
Fig. 5 Relationship between annual wood biomass growth and d.b.h..

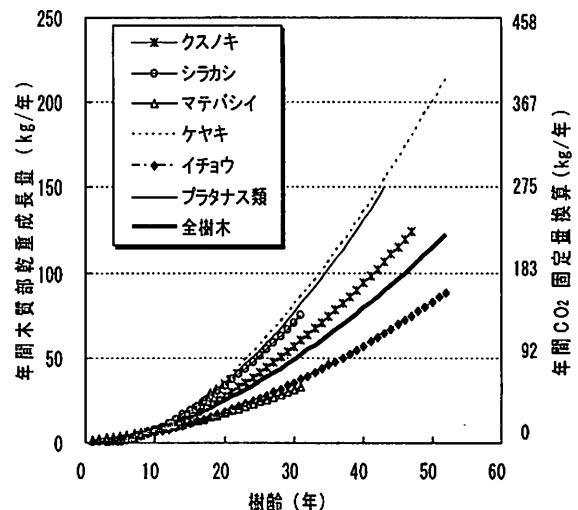


図-6 樹齢と年間木質部乾重成長量の関係
Fig. 6 Relationship between annual wood biomass growth and tree age.

(2002 私信)」となっております⁹⁾文献から詳細を確認することが出来ない。そこで、今回電子メールにより D. Nowak に確認をとった。

これによると、①10 通りの樹種クラス分けは、C. Jenkins 他がアメリカにおける樹木の形態や、比重等の違いを考慮した分類⁹⁾によること。②胸高直径をもとにバイオマス量が算定できる樹種クラス別の国レベルのバイオマス算定量公式は、同じく C. Jenkins 他がアメリカにおける多くの地域スケール研究成果をまとめて求めた結果⁵⁾を使用したこと。③樹種ごとのバイオマス年間増加量は、②のバイオマス算定量公式を基に、D. Nowak がアメリカの 10 の都市域で行った、樹種ごとの胸高直径レベル別に算出した直径成長率、及び樹種ごとの平均胸高直径分布データを用い求めていること。④10 通りの樹種タイプごとの年間バイオマス増加量は、D. Nowak が都市域における各樹種クラスに含まれる樹種構成

割合の調査結果を基に、加重平均を行い求めた数値であること等が明らかとなった。

これを今回の調査方法と比較すると、バイオマス算定量公式は今回の相対成長式と若干の形の違いはあるものの、共に胸高直径とバイオマス量の関係からバイオマス算定量公式を求め、年間バイオマス増加量はバイオマス算定量公式を基に胸高直径と年間胸高直径増加量より求めており、両者はほぼ同様の方法がとられているといえる。このことより今回の成長量算定式は、我が国の樹木の成長特性を示した算出手法として、代替性のあるものであるといえよう。

またLULUCF-GPGではTier 1a, 1bの運用に当たっては、先に示したとおり、共に平均樹齢20年の木までは損失量は0とし成長量のみデフォルト値を使用することができるとする一方、20年を超えた場合には樹齢によって成長量は低下し、剪定や枯死によるCO₂排出の影響を考慮して、成長量と損失量は等しいとしトータル炭素ストック量の変化は0として扱うこととしている。今回の研究では、調査対象木は50年くらいまでの間、成長量は低下することなく年間のCO₂固定量は樹齢と共に増加することを示していた。光合成によるCO₂の吸収量を算出しているのであれば、呼吸や、落葉、落枝、剪定等による損失分を考慮する必要もあるが、今回のCO₂固定量算定式は、落葉、落枝、剪定等の結果、木質部に毎年蓄積固定されたバイオマス量を基に算出しているために、これらを考慮する必要はないと考える。たとえ樹高・枝張りは同じ大きさになるように剪定をされたとしても、樹形を毎年小さくしていけない限りは、光合成によって取り込まれたCO₂の多くは幹等の肥大成長のかたちで固定されるために、全体の成長量は剪定等の損失量を上回りその量が算出されることとなる。なおD. Nowak他の都市樹木の枯死率に関する研究では、メリーランド州バルティモア市の平均枯死率が6.6%である¹⁾など、アメリカでは各地で都市樹木の枯死率が高いことが報告されており、枯死率の高さに起因した取扱である可能性もある。我が国においては枯死の状況を調べた研究はないものの、このような高い枯死は報告されておらず、20年以上の樹木において吸収量と損失量を等しいものとして扱わねばならない根拠は見いだせなかった。ただし、今回の調査樹木は最近では剪定が行われていない樹木を選定したため、剪定を受けている樹木との比較において、吸収量や損失量がどれだけ異なるかについては、今後明らかにしていく必要がある。

4. まとめ

今回の研究により、我が国の都市緑化に多く用いられている樹種の年間木質部乾重成長量と、それを基に年間CO₂固定量を算定するための算定式を示すことができた。この式を用いて胸高直径又は樹齢のデータから対象とする樹木が1年間にCO₂を固定する量を算出することが可能となる。

しかし、LULUCF-GPGに示されたTier 1bにおいては、樹種タイプ毎の平均胸高直径分布データを用いて、樹種タイプ毎のデフォルト値を作成しているが、本研究では、我が国

における樹種毎の平均胸高直径分布データは入手しておらずデフォルト値の作成にまでは至っていない。したがって、国全体、あるいはあるエリアにおける年間のCO₂固定量を算出するに当たっては、算出エリアの樹種別の胸高直径分布のサンプルデータ等を用いて、今回求めた算定式に当てはめることが必要となる。

また今回の研究において対象とした樹種は、2007年の全国の街路樹調査によると、全国の高木本数の約1/3を占めている²⁾が、それ以外の樹種でも同じような固定量を示すかは不明であり、今後樹種を増やして精度を高めていく必要がある。さらに今回のデータは関東地方の平野部の圃場等におけるデータに限られており、今回の結果が日本全土にそのまま適用できるのか、生育環境の違いや管理の仕方によってどのような違いが生じるのかについては、今後の研究で明らかにしていく必要がある。

謝辞：本研究は、第三次公園・緑化技術五箇年計画の環境分野の重点調査テーマとして進められたものであり、環境分化学会座長である財団法人都市緑化技術開発機構都市緑化技術研究所長の半田真理子氏、及び本テーマの担当主査である鳥取大学乾燥地研究センター長植物生産分野教授の恒川篤史氏には、研究を進めるに当たって適切なお助言を頂きました。また、アメリカ合衆国農務省森林局のDavid J. Nowak氏にはLULUCF-GPGの根拠等について貴重な情報を提供して頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

引用文献

- 1) D.J. Nowak, Miki Kuroda, Daniel E. Crane (2004) Tree mortality rates and tree populations in Baltimore, Maryland, USA, *Urban Forestry & Urban Greening*, 2(3): 139-147.
- 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(1): 26-31.
- 3) IPCC (2003) *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*, 599 pp.
- 4) IPCC (2007) *Fourth Assessment Report*, 2870 pp.
- 5) Jenkins, J.C., Chojnacky, D.C., Heath, L.S., and Birdsey, R. A. (2003) *National-Scale Biomass Estimators for United States Tree Species*, *Forest Science*, 49(1): 12-35.
- 6) 松江正彦・長瀬庸介 (2008) 都市緑化樹木のCO₂ストック変化量把握に関する研究, *都市緑化技術*, 69: 14-17.
- 7) 松江正彦・武田ゆうこ (2008) わが国の街路樹Ⅵ, 国土技術政策総合研究所資料第506号, 国土交通省国土技術政策総合研究所, 242 pp.
- 8) 三浦伊八郎・西田屹二 (1933) *木材科学*, 丸善出版, 東京, pp. 35-38.
- 9) 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, 東京, 95 pp.
- 10) 地球温暖化対策推進本部 (2008) 京都議定書目標達成計画 (平成17年4月28日閣議決定, 平成18年7月11日一部変更, 平成20年3月28日全部改定), 85 pp.

(2009. 5. 20 受理)