
1. 平成 21 年度の研究成果

1.1 地球温暖化対策の技術支援に関する研究

- 1) 剪定が街路樹のCO₂固定に与える影響把握調査
【技術研究開発調査費】 5
- 2) 都市緑化樹木のCO₂ストック変化量把握に関する研究
【都市公園事業調査費】 7

剪定が街路樹の CO₂ 固定に与える影響把握調査

Investigation of effects of pruning on CO₂ fixation of street trees

(研究期間 平成 20~22 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 武田 ゆうこ
Senior Researcher Yuko TAKEDA

Trees can fix CO₂ in the atmosphere. However, thinking about a life cycle of street trees, they could cause CO₂ emission through planting, maintenance like pruning, removal due to oldness and rottenness and so on. In this study we tried to estimate the balance of CO₂ fixation and emission about street trees throughout a life cycle of them taking the various maintenance methods and the various recycling ways of pruned branches into account.

〔研究目的及び経緯〕

本研究は、総合技術開発プロジェクト「社会資本のライフサイクルをととした環境評価技術の開発（平成 20 年度～平成 22 年度）」の一環として、緑化生態研究室が行っているものである。本研究室では、従来より、剪定の影響を受けていない都市緑化樹木を対象として、樹幹解析という方法を用いて、樹木の 1 本あたりの CO₂ 固定量を求める研究を行ってきた。しかし、都市の緑化において重要な役割をもつ街路樹においては、景観向上機能、交通安全機能、環境保全関連

機能等を維持するために定期的に剪定などの維持管理が行われていることが多い。そのため、本研究では、街路樹を対象として、植栽から老朽化して伐採されるまでをライフサイクルとしてとらえ、植栽から維持管理にかかる CO₂ 発生量、剪定枝等の植物発生材を有効に利用した場合の CO₂ 固定量、樹木を剪定した場合の樹木本体の CO₂ 固定量の影響など総合的にとらえ LCA（ライフサイクルアセスメント）評価を行おうとするものである。

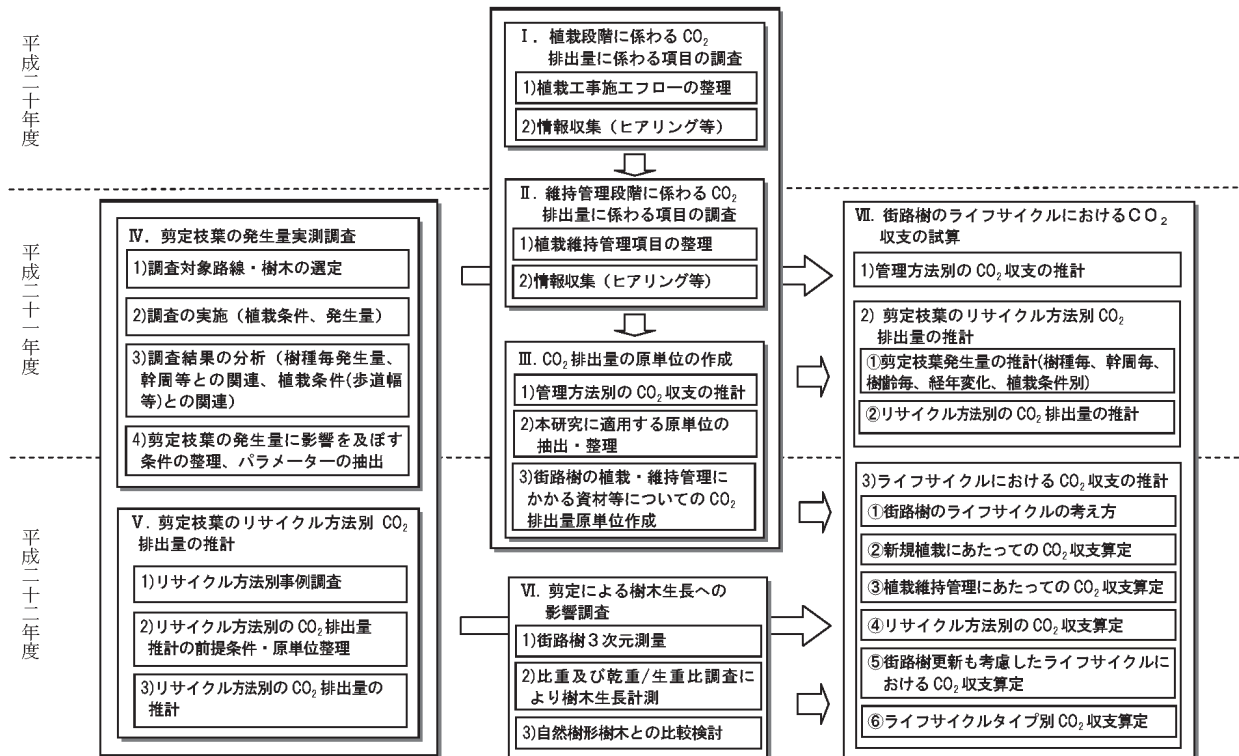


図-1 研究のフローチャート

〔研究方法及び結果〕

研究のフローチャートを、図－1に示す。サンプル数等を確保して精度を確保するため、平成22年度まで継続予定であるが、平成21年度は、主に、(1) 剪定枝葉の発生量実測調査、(2) 剪定枝葉のリサイクル方法別CO₂排出量の推計、(3) 管理方法別CO₂収支の推計、を行った。以下に研究方法の概要を示す。

(1) 剪定枝葉の発生量実測調査

東京都が管理している路線及び東京都内及び埼玉県内の国土交通省関東地方整備局の国道事務所が管理している路線で実測調査を行った。対象とした街路樹は、トウカエデ12本、クスノキ10本、エンジュ10本、イチョウ10本、プラタナス5本、ケヤキ5本である。剪定枝葉は、各部位別(枝・幹・実)に分割し、生重量を測定し、サンプル採取したものを乾燥させるとともに、炭素含有量を測定し、乾重/生重比及び炭素含有率から全体の乾重量及び炭素含有率を測定した。

(2) 剪定枝葉のリサイクル方法別CO₂排出量の推計

剪定枝葉のリサイクル方法については、木材バイオマスのリサイクルとして用いられている方法として、マテリアル利用として①チップ化(マルチング)、②堆肥化、③炭化、エネルギー利用として①直接燃焼、②チップ化(燃料)、③ペレット化(燃料)、④ガス化を対象とした。なお、CO₂排出量の推計にあたっては、「カーボンフットプリント制度試行事業用CO₂換算量共通原単位データベース(暫定版)」(経済産業省、2009)などの適用可能な原単位を整理するとともに、実際にリサイクルを行っている業者やプラントなどへのヒアリングをもとに行なった。リサイクル方法別のCO₂排出削減量を暫定的にまとめたものを表－1に示す。

(3) 管理方法別CO₂収支の推計

剪定頻度および剪定枝葉の処理方法等を中心に、樹種別の植栽管理モデルを設定するために調査本数(過年度調査を含む)の多いクスノキ、ケヤキ、トウカエデを用いた。

街路樹(クスノキ、ケヤキ、トウカエデ)の、植栽からライフサイクルの最終段階までの剪定年ごとのCO₂積算排出量を、剪定頻度別(1回/2年 1回/3年)に算定した。リサイクル手法別・剪定頻度別のCO₂排出収支から、CO₂削減量を算定した。

街路樹の新規植栽時、植栽維持管理期間、

平均寿命到達時のライフサイクルタイプ別におけるCO₂収支をクスノキ、ケヤキ、トウカエデについて算定した(表－2)。推計に当たっては、データの正確さから、クスノキは1回/3年、ケヤキ1回/3年、トウカエデは1回/2年、1回/3年のデータを用いて推計を行った。

〔今後の課題〕

剪定枝葉の発生量実測調査については、同じ樹種でも大きさの異なる樹木が必要であり、さらなる精度を確保するために、追加の調査を行う予定である。また、剪定による街路樹本体の成長への影響について実測した調査がないので、来年度の課題とした。

リサイクル方法別CO₂排出量の推計についても、ヒアリングを行った業者がそれぞれ2社程度で少なかったため、追加の調査を行う予定である。

管理方法別CO₂収支の推計については、それらのデータをもとに、最終年度の来年度に取りまとめる予定である。

表－1 リサイクル方法別のCO₂排出削減量のまとめ(暫定)

	各リサイクル処理によるCO ₂ 収支(kgCO ₂ /kg)						評価(kgCO ₂ /kg)		
	運搬	製造	製造過程における炭素放出	固定・エネルギー取得	収支：①		[収支：①] -焼却処分*(0.4629)		
	(A)	(B)	(C)	(D)	((A)+(B)+(C))-(D)				
チップ化	現場処理型		0.005799		1.8194	-1.8136	固定	-2.2765	焼却処分より削減
	プラント処理型	0.001715	0.001899		1.8194	-1.8158	固定	-2.2787	焼却処分より削減
堆肥化	現場処理型 (堆肥炭素含量 38.10%)		0.01369	0.4224	1.3970	-0.9609	固定	-1.4237	焼却処分より削減
	プラント処理型 (堆肥炭素含量 31.50%)	0.001715	0.002158	0.6621	1.1573	-0.4913	固定	-0.9541	焼却処分より削減
炭化	切断なし	0.001715	0.01137	0.3639	1.4556	-1.0786	固定	-1.5414	焼却処分より削減
	切断あり	0.001715	0.7414	0.1819	1.6375	-0.7124	固定	-1.1753	焼却処分より削減
直接燃焼によるエネルギー取得	大規模(電力)プラント型	0.001715	0.4611		0.4943	-0.0314	固定	-0.4943	焼却処分より削減
	小規模プラント型	0.001715	0.1258		0.7211	-0.5935	固定	-1.0564	焼却処分より削減
チップ化によるエネルギー取得		0.001715	0.06105		0.7075	-0.6448	固定	-1.1076	焼却処分より削減
ペレット化によるエネルギー取得		0.001715	0.9506		1.0482	-0.0959	固定	-0.5588	焼却処分より削減
ガス化によるエネルギー取得(電力)		0.001715	0.1473		0.5663	-0.4173	固定	-0.8801	焼却処分より削減

* : 焼却処分=運搬(0.001715) + 燃焼(0.4611) = 0.4629 kg CO₂/kg

** : 処理現場までの距離 4.1km

表－2 植栽時・維持管理のCO₂排出量－バイオマス蓄積量(暫定)

樹種	管理年数	植栽時の排出量 kgCO ₂ /本	維持管理の排出量		バイオマス蓄積量 kgCO ₂ /本	CO ₂ 収支 kgCO ₂ /本
			(機械) kgCO ₂ /本	(資材) kgCO ₂ /本		
クスノキ	50	22.63	177.9	23.6	7,437.6	-7,237.1
ケヤキ	50	22.63	177.9	23.6	5,800.6	-5,600.1
トウカエデ	50	22.63	177.9	23.6	2,932.1	-2,731.5

* : 剪定頻度は1回/3年のもののみ記載した。** : リサイクル方法別CO₂排出収支は含まれてない。

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
研究員 久保田 小百合
Research Engineer Sayuri KUBOTA

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

〔研究目的〕

京都議定書において、日本は 2008 年から 2012 年の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。政府が作成した「京都議定書目標達成計画」では、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、都市緑化については国民にとって最も日常生活に身近な吸収源対策として位置づけられている。国土交通省では都市緑化等の植生回復による CO₂ 吸収量を取りまとめることとしているが、都市公園や街路樹に多用されている樹木については、CO₂ の吸収・固定量を把握するための既存知見が十分ではない。そこで、CO₂ 吸収量の報告や目標に向けての達成状況の把握、今後の対策の評価を行うに当たって、算定の基となるわが国固有の CO₂ 固定量の原単位や算定式の作成が求められている。そこで本研究では、日本における都市緑化樹木の年間 CO₂ 固定量を把握し、算定式を作成することを目的とする。

〔研究内容〕

樹木は吸収した CO₂ を体内に固定することで成長している。一方、樹木の炭素 (C) 含有量は樹種に関わらず木質部の乾燥重量の 50% 程度であることが知られている。このことから、樹木 1 本の木質部全体の乾燥重量が分かれば、その樹木が吸収・固定した CO₂ 量を推定することができる。

国土技術政策総合研究所では、これまでに関東地方の平野部に生育するクスノキ、シラカシ、マテバシイ、ケヤキ、イチョウ、プラタナス類を対象として年間 CO₂ 固定量算出の算定式を作成してきた。また、クスノキとケヤキの算定式については、別途東北、九州の樹木を対象に行った結果との比較を行ったが、関東のもの

と有意差は確認されず、現算定式は東北から九州の間の平野部では地域差を考慮しなくても使用できると判断した。

平成 21 年度は前述の樹種の他に日本の都市緑化に多用されているモチノキ、ヤマモモ、ハナミズキ、モミジバフウ（タイワンフウ含む）を対象とし、年間 CO₂ 固定量の算定式を作成した。

〔研究方法〕

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、葉は短期間で失われるため除外した。

調査方法は、対象樹種の形状寸法を測定した後、伐倒・伐根作業を行い（写真 1, 2）、生重、乾重、樹齢等を計測し、樹木 1 本あたりの年間 CO₂ 固定量算出の算定式を作成した。（図 1）

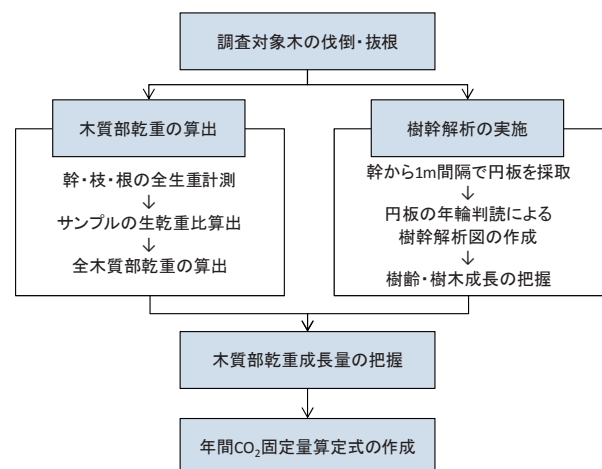


図 1 調査方法



写真1 地上部の伐倒作業

写真2 地下部の抜根作業

表1 調査対象樹木の概要および木質部乾重、樹齢

樹種	モチノキ				ヤマモモ				ハナミズキ				モミジバフウ			1	
樹木No.	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	1	
植栽地	千葉県袖ヶ浦市								千葉県袖ヶ浦市				千葉県袖ヶ浦市			千葉県長生郡長柄町	
形状寸法	樹高(m)	8.8	9.5	8.9	9.2	9.9	10.0	11.2	8.3	8.8	5.1	7.4	8.1	11.7	20.0	11.1	15.2
	胸高直径(cm)	27.8	25.1	33.6	23.8	25.5	30.1	47.7	31.2	18.2	17.2	19.8	14.6	15.6	43.3	30.2	38.7
木質部乾重(kg)	幹	191.3	132.9	292.9	176.9	121.1	226.7	464.3	207.9	87.2	51.6	66.5	49.0	56.6	469.2	164.2	389.7
	枝	176.8	156.4	284.5	123.3	221.5	304.7	526.2	340.6	78.3	64.7	55.5	32.4	18.4	387.2	117.6	391.8
	根	159.3	167.3	177.1	136.3	144.3	164.8	319.7	166.0	69.3	60.8	43.9	39.8	33.9	603.0	133.3	307.2
	合計	527.4	456.7	754.4	436.5	487.0	696.2	1310.2	714.6	234.8	177.1	165.8	121.1	108.8	1459.4	415.1	1088.7
樹齢(年)	53	40	46	42	45	67	85	47	31	25	31	36	18	33	38	45	

【研究結果】

対象樹木の概要および木質部乾重、樹齢を表1に示した。なお、同じマンサク科フウ属であることから成長に大きな差はないと考え、タイワンフウをモミジバフウに含め、算定式の作成を行った。
1. 胸高直径と木質部乾重の相対成長式

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。そこでモミジバフウについて、過年度の研究と同様に伐倒時の胸高直径と木質部乾重の関係を相対成長式で近似させた (図2 (d))。しかし、モチノキ、ヤマモモは調査対象木の胸高直径に偏りがあったことから、また、ハナミズキは調査対象木の胸高直径の4本の差が小さかったことから、過年度の方法では相対成長式で関係を表すことができなかった。そのため、各樹種の代表的な (移植による

根回し等の影響が小さく、樹齢が大きい) 樹木1本を樹幹解析し、その結果から胸高直径と木質部乾重の関

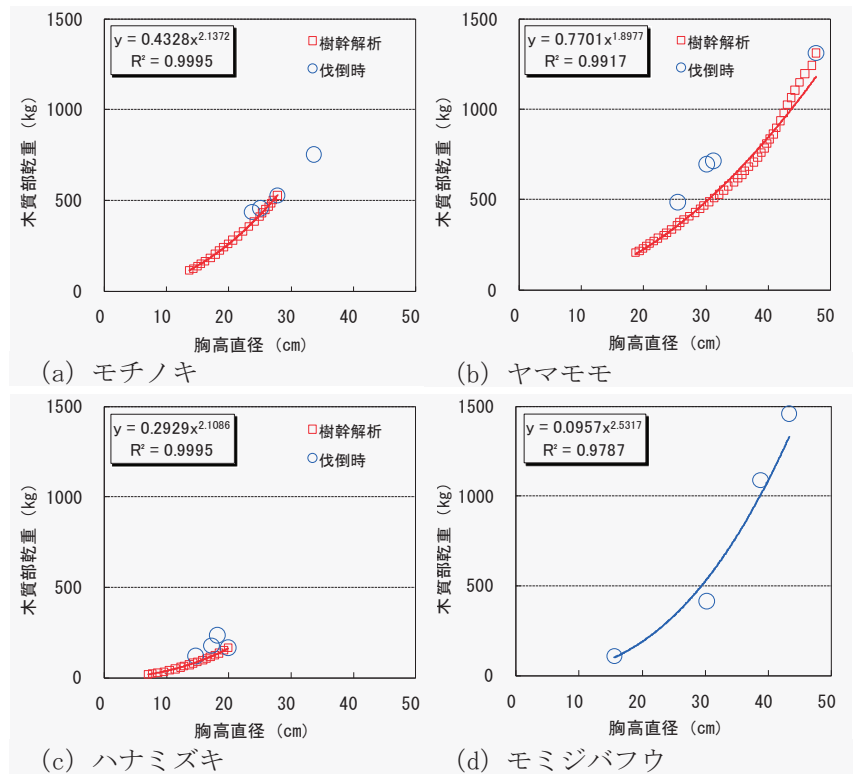


図2 胸高直径と木質部乾重の相対成長式

係を相対成長式に近似させた (図 2 (a~c)). なお、移植前後では環境等が大きく変化し、樹木の成長に影響を及ぼすため、移植後のデータのみを使用した。結果は、全ての樹種で決定係数が 0.9 以上であった。

また、樹幹解析に用いなかった樹木もほぼ求めた曲線上にのっており、この相対成長式は各樹種の成長特性を示しているといえる。

2. 樹齢と胸高直径の関係

次に胸高直径が樹齢とともにどのように成長するかを明らかにするため、樹齢と胸高直径の関係を調べた。過年度の研究では、伐倒時の樹齢と胸高直径を樹種ごとに散布図で表し、関係を把握していた。しかし、本研究では樹齢の 4 本の差が小さかったこと、樹齢に偏りがあり調査本数が少なかったことから、過年度の方法で関係を把握することができなかった。そのため、過年度の研究の「樹齢と胸高直径の関係は、個々の樹木における樹齢と胸高直径の関係 (樹幹解析による)と同様の関係を示す」という結果から、樹幹解析により得られた個々の樹木の年輪 (樹齢) および年輪幅 (幹直径) を樹種ごとに散布図で表し、関係を把握した。その結果、ほぼ直線の関係であることが示され、決定係数はモチノキ、ヤマモモ、ハナミズキで 0.9 以上、モミジバフウでも 0.8 以上であった (図 3)。

3. 年間木質部乾重成長量算定式の作成

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。

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

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)

上記式により作成した各樹種の年間木質部乾重成長量算定式を表 2 に示した。

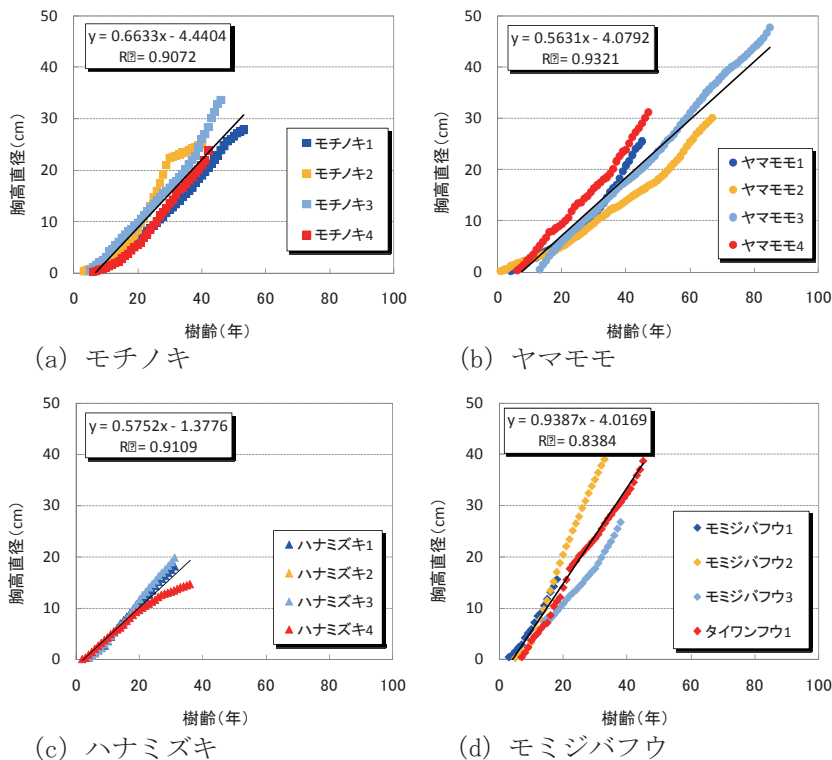


図 3 樹齢と胸高直径の関係

表 2 年間木質部乾重成長量算定式

樹種	年間木質部乾重成長量算定式
モチノキ	$Y = 0.4328 \{(X+0.66)^{2.1372} - X^{2.1372}\}$
ヤマモモ	$Y = 0.7701 \{(X+0.56)^{1.8977} - X^{1.8977}\}$
ハナミズキ	$Y = 0.2929 \{(X+0.58)^{2.1086} - X^{2.1086}\}$
モミジバフウ	$Y = 0.0957 \{(X+0.94)^{2.5317} - X^{2.5317}\}$

Y: 年間木質部乾重成長量 (kg/年) X: 胸高直径 (cm)

表 3 年間 CO₂ 固定量算定式

樹種	年間 CO ₂ 固定量算定式
モチノキ	$Y = 0.7935 \{(X+0.66)^{2.1372} - X^{2.1372}\}$
ヤマモモ	$Y = 1.4119 \{(X+0.56)^{1.8977} - X^{1.8977}\}$
ハナミズキ	$Y = 0.5370 \{(X+0.58)^{2.1086} - X^{2.1086}\}$
モミジバフウ	$Y = 0.1755 \{(X+0.94)^{2.5317} - X^{2.5317}\}$

Y: 年間 CO₂ 固定量 (kg/年) X: 胸高直径 (cm)

4. 年間 CO₂ 固定量算定式の作成

年間木質部乾重成長量に木質部の炭素 (C) 含有量 50% を乗じることにより、年間の炭素固定量を求めた。そして、CO₂ と C の分子量の比 (44/12) を乗じることにより、年間 CO₂ 固定量算定式を作成した (表 3)。算定式をグラフ化したものを図 4, 5 に示した。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

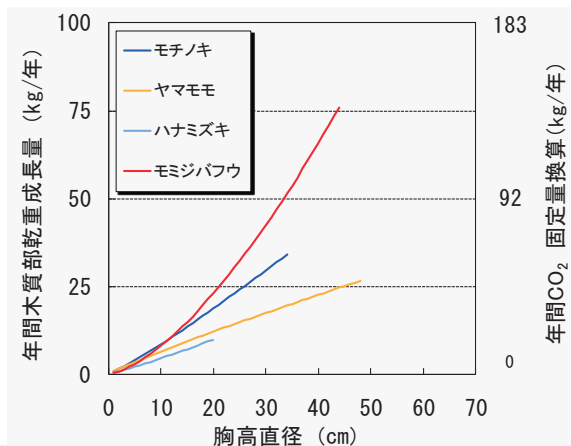


図4 胸高直径と年間木質部乾重成長量の関係

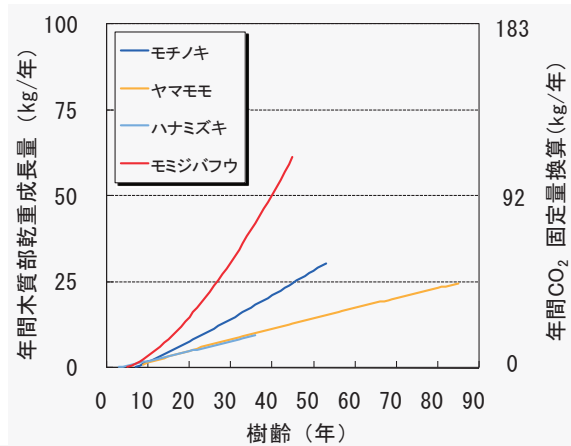


図5 樹齢と年間木質部乾重成長量の関係

行った範囲である。胸高直径が大きくなるほど、樹齢が大きくなるほど年間木質部乾重成長量は大きくなる傾向を示した。

過年度の研究の樹種も含めた胸高直径と年間木質部乾重成長量の関係の比較では、モチノキ、モミジバフウは概ね過年度と同様の傾向を示したが、ヤマモモ、ハナミズキは、胸高直径に伴う成長量が過年度に比べ小さかった(図6)。また、樹齢と年間木質部乾重成長量の関係の比較では、モミジバフウは過年度と同様の傾向を示したが、モチノキ、ヤマモモ、ハナミズキは樹齢に伴う成長量が過年度に比べ著しく小さかった(図7)。理由として、過年度に行った樹種と比較して、モチノキ、ヤマモモ、ハナミズキの成長が遅いことが挙げられる。

[まとめ]

本研究により日本の都市緑化に利用されている樹木の内、街路樹の本数でみると約半数の樹木に対して算定式を作成することができた。そこで今後、より多くの樹種に対して算定式を作成することが求められている。しかし、伐倒・抜根を伴う現方法では、調査対象樹種や本数を増やすことが難しいため、伐倒・抜根を行わずに非破壊で効率的に、樹木の重量を推定できる方法を確立する必要がある。

[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, 35-36pp.
- 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.

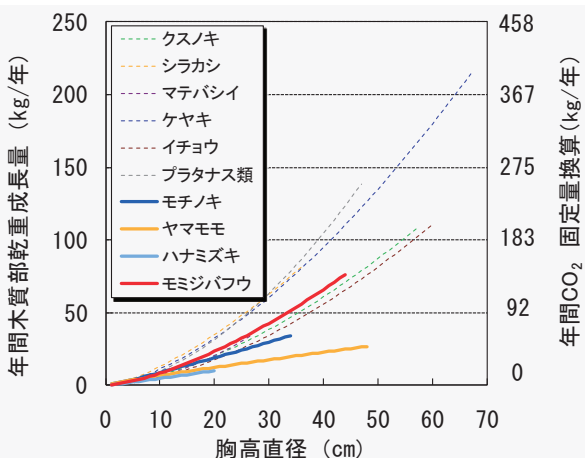


図6 胸高直径と年間木質部乾重成長量の関係 (過年度の研究成果含む)

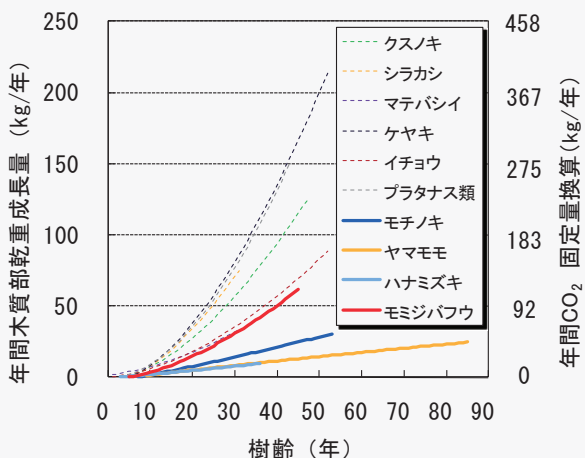


図7 樹齢と年間木質部乾重成長量の関係 (過年度の研究成果含む)

- 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)2:318-324.