

都市緑化樹木のCO₂固定量把握手法に関する検討

長濱庸介* 松江正彦**

1. はじめに

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。

2001年に開催されたCOP7(気候変動枠組条約第7回締約国会議)の要請により、IPCC(気候変動に関する政府間パネル)は、LULUCF-GPG(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・ガイダンス)を作成した。この中で、吸収量の算出方法を表-1のように示しており、世界共通のデフォルト値となるTier1よりも、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Tier2や、精度の高いGIS等を使用するTier3を推奨している。2007年には、条約事務局へ試行版としての吸収量報告を行っているが、その際にはTier1bを用いて吸収量を算出した。今後報告の精度を高めるためには、Tier2bとして活用できる日本独自の係数を設定することが必要であり、現在それに向けた調査研究が進められている。

植物は、吸収したCO₂を有機体として体内に蓄積・固定することで大きく成長する¹⁾。そのため、樹木の重量(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。これまでに国総研では、都市緑化樹木のCO₂固定量を明らかにする研究に取り組んでおり²⁾³⁾、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。この予測式は、樹齢20~30年程度までの比較的若齢の樹木を対象に作成しているため、

適用範囲は樹高にして10m程度、胸高直径にして25cm程度までであった。

本稿では、上記予測式の適用範囲を拡大するために取り組んでいる、樹齢30年以上の都市緑化樹木を対象とした成長量調査について紹介する。

2. 研究方法

本研究は、藤原ら³⁾の手法に基づいて実施した。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、樹齢毎の胸高直径、木質部乾重成長量)を明らかにした。最後に、特定の胸高直径における年間木質部乾重成長量を明らかにした。

なお、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(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⁴⁾。そこで、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。

3. 研究結果

3.1 調査対象木

調査対象木は、①過去に作成した木質部乾重成長量予測式と同樹種・同地域(関東地方)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を条件に選定した(表-2)。

表-1 LULUCF-GPGで示された吸収量の算出方法

Tier		吸収量算出の考え方
Tier 1	Tier 1a 樹冠被覆面積法	樹冠被覆面積に、樹冠被覆面積あたりの成長量を乗じて算出(デフォルト値: 2.9t-C/ha crown cover/yr)
	Tier 1b 樹木成長量法	樹木本数に、樹木個体あたりの炭素ストック変化量を乗じて算出(デフォルト値: 約0.01t-C/yr/本 樹種クラスにより若干異なる)
Tier 2	Tier 2a 樹冠被覆面積法	Tier 1aと同じであるが、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
	Tier 2b 樹木成長量法	Tier 1bと同じであるが、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
Tier 3		提示されていない(GISを活用した、精度の高い各国固有の方法など)

表-2 調査対象木 (樹齢は樹幹解析の結果より)

樹種	イチヨウ		ケヤキ		プラタナス		クスノキ		シラカシ	
	樹木No.	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9
樹高 m	16.5	15.1	17.6	18.6	20	20	12.5	13.5	12.1	13.1
胸高直径 cm	59.9	43.6	58.3	52.9	44.6	40.1	56.7	51.6	33.1	36.3
樹齢	52	52	52	34	39	43	47	33	30	31
生育地	千葉県君津市		東京都立川市		茨城県八千代町		千葉県袖ヶ浦市		栃木県茂木町	



写真-1 地上部の伐倒作業

A:地際で伐倒 B:幹を階層毎に切断 C:幹と枝の分離
D:枝と葉の分離 E:幹の生重測定 F:枝の生重測定
G:樹幹解析に使用する円板の採取

3.2 調査対象木の伐倒・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。さらに、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)。

根は原則として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。掘取った根は主根と細根に分け、全生重を測定した。さらに、根の生乾重比を算出するため主根と細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)。

3.3 木質部乾重の算出

調査対象木の木質部乾重は、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



写真-2 根の掘取り作業

A:作業状況 B:掘取った根 C:伸長状況 D:生重測定

比(乾重/生重)を乗じることで算出した。

3.4 樹幹解析

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、図-1にイチヨウ(No.1)の樹幹解析図を示す。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。

3.4.1 木質部乾重の成長過程

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、木質部乾重の成長過程を把握するため、初めに樹幹解析図の縦軸を回転軸とした回転体の体積を算出し、幹材積を求めた(図-2)。次に、「各樹齢における幹の比重は一定」、「樹幹解析を行っていない枝と根の乾重は、幹と同様の割合で成長する」と仮定したうえで、樹幹解析から求めた各樹齢の幹材積の比を全体の木質部乾重へ乗じることで、樹齢と木質部乾重の関係を明らかにした。(図-3)。

3.4.2 胸高直径の年間成長量

樹幹解析より明らかとなった、樹齢と胸高直径の関係に基づき、胸高直径の年間成長量を求めた(図-4)。その結果、樹齢と胸高直径の関係はほぼ直線で近似でき、その年間成長量は、1.0cm~1.3cm/年程度であることが確認された。

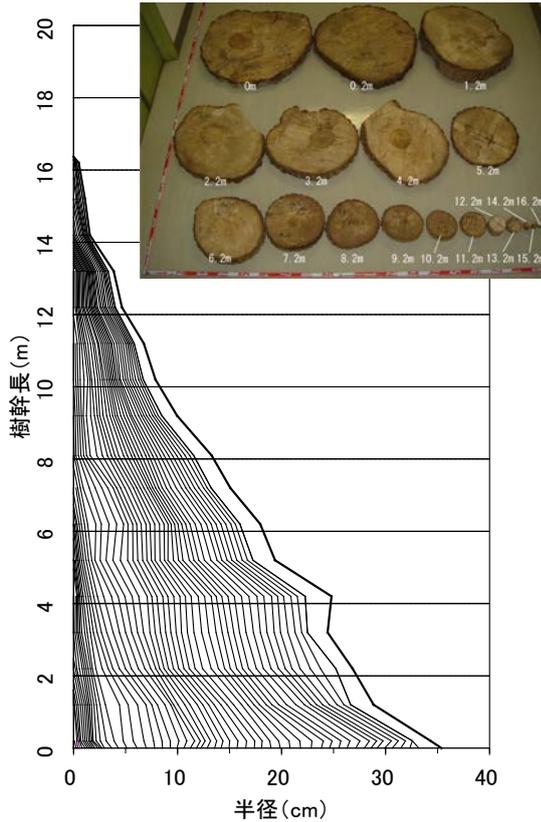


図-1 イチヨウ (No.1) の樹幹解析図
(右上の写真は、樹幹解析図の作成に用いた円板)

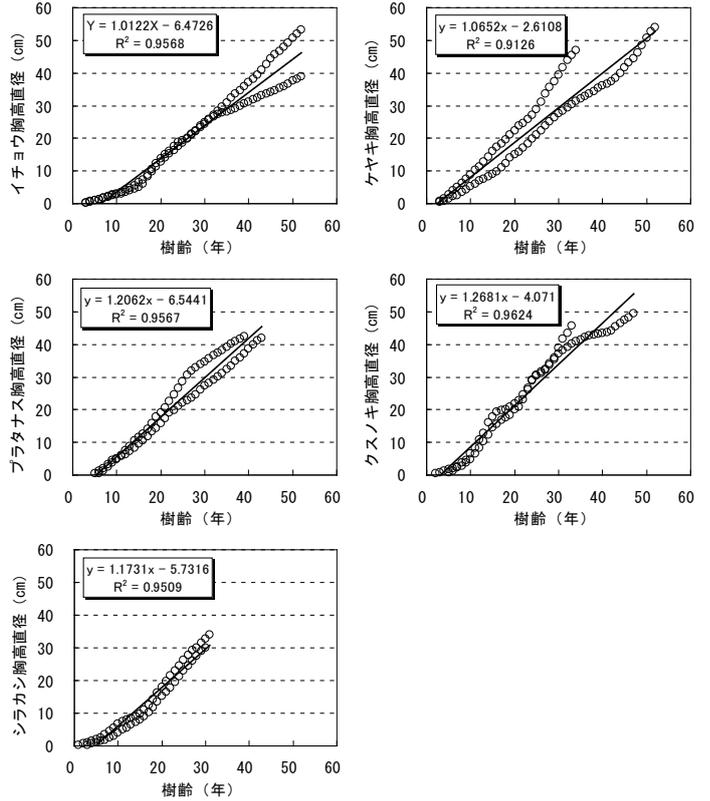


図-4 樹齢と胸高直径の関係

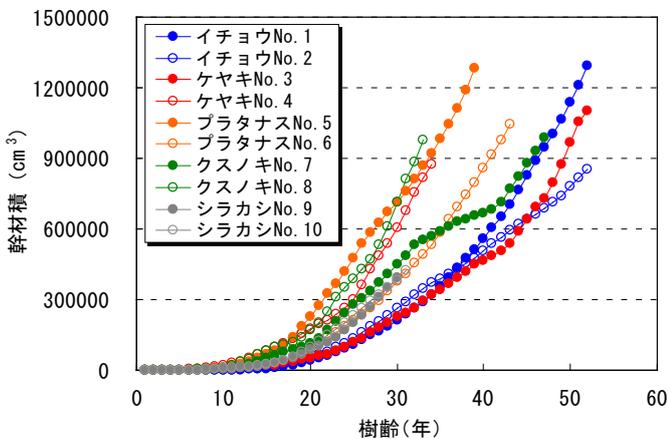


図-2 樹齢と幹材積の関係

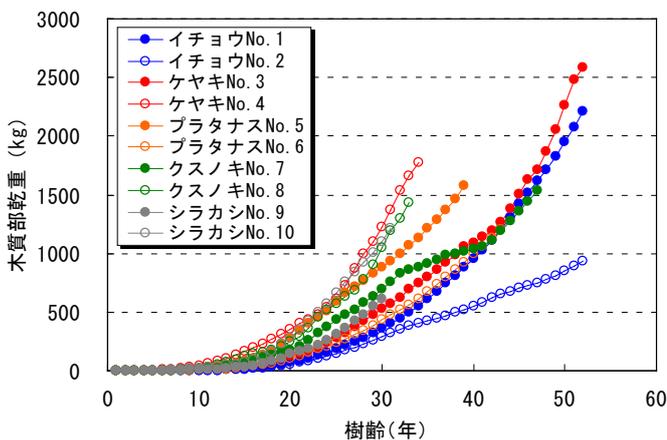


図-3 樹齢と木質部乾重の関係

3.5 木質部乾重成長量の把握

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算出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困難であり、現実的ではない。そこで簡易な方法として、樹木の胸高直径から木質部乾重を算出する式を作成した。

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⁵⁾。そこで、樹幹解析から得られた胸高直径と木質部乾重との関係を相対成長式で近似させた (図-5)。

3.6 年間木質部乾重成長量予測式

上記予測式によって、樹木が特定の胸高直径に至るまでにどのくらい成長したのか (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を作成した。

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。

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

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、イチヨウを例として説明する。胸高直径の年間成長量は、図-4に示した近似式の傾きより、1.0122cm/年となる。そして、この数値と図-5に示した相対予測式（イチヨウの式は $Y=0.2579X^{2.2166}$ ）の定数を式（1）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となる。

$$Y = 0.2579\{(X + 1.0122)^{2.2166} - X^{2.2166}\} \dots(2)$$

残りの調査対象木の予測式についても同様に作成し、その結果をグラフで示した（図-6）。

参考までに、調査対象木のイチヨウ（胸高直径：59.9cm）について、その年間木質部乾重成長量を算出すると85kg/年となり、これを年間CO₂固定量へ換算すると、156kg/年となる。

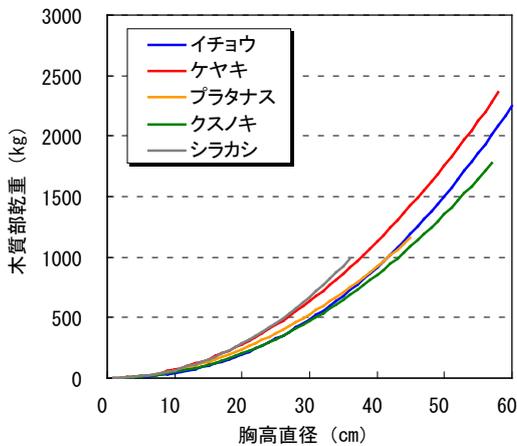


図-5 胸高直径と木質部乾重の関係を相対成長式で近似したグラフ

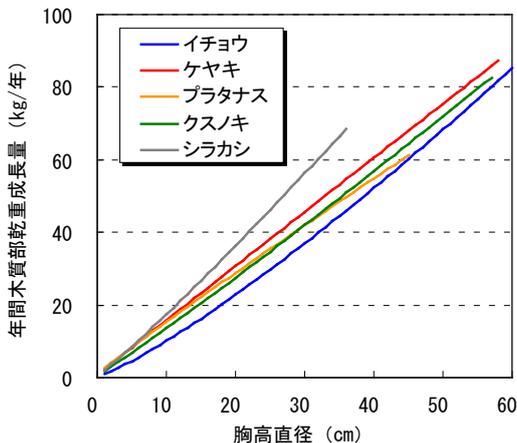


図-6 胸高直径と年間木質部乾重成長量の関係

4. まとめ

現在、本稿で紹介した樹齢30年以上の樹木データと若齢木のデータを合わせて、予測式の改良に取り組んでおり、別途論文等で報告する予定である。なお、本研究における若齢木を含むすべての調査対象木は、関東地方に生育していた自然樹形に近い樹木である。そのため、関東地方と異なる気候の地域に生育している樹木や、強剪定を受けた樹木についても同様の調査を行い、その成長量を明らかにすることで、地域性や剪定の有無を考慮した予測式についても検討する必要がある。

参考文献

- 1) 加藤順子：地球温暖化防止と都市緑化等の推進、都市緑化技術、No.56、pp.15～26、2005
- 2) 半田真理子、小澤徹三、飯塚康雄、井上忠佳、前田博、田代順孝、有村恒夫、武田裕：道路緑化樹木の二酸化炭素固定に関する研究、土木研究所資料、第3059号、1992
- 3) 藤原宣夫、山岸裕、村中重仁：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、第28巻、第1号、pp.26～31、2002
- 4) 三浦伊八郎、西田屹二：木材科学、pp.35～38、丸善、1933
- 5) 佐藤大七郎：陸上植物群落の物質生産 I a-森林一、95p、共立出版、1973

長濱庸介*



国土交通省国土技術政策
 総合研究所環境研究部緑
 化生態研究室研究官
 Yosuke NAGAHAMA

松江正彦**



国土交通省国土技術政策
 総合研究所環境研究部緑
 化生態研究室長
 Masahiko MATSUE