

小特集：低炭素社会実現のための社会資本整備

緑化分野におけるLCCO₂に関する検討 — 街路樹を対象とした事例 —

山岸 裕* 松江正彦**

1. はじめに

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ら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たものである。

都市緑化による二酸化炭素(以下、「CO₂」)という)固定は、森林と同様にCO₂固定源として期待されている。しかしながら、都市緑化樹木、特に街路樹は、通常、剪定による維持管理が行われていることが多く、ライフサイクルを考えた場合、樹木の植栽から、維持管理による剪定、支障木の伐採、さらには、剪定枝等の発生材の有効利用など、街路樹本体が固定するCO₂以外にも検討すべき項目が多数存在する。そこで、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、植栽工事から維持管理にかかるCO₂発生量、剪定枝葉・街路樹本体等に蓄えられたCO₂固定量、剪定枝等の植物発生材を有効に利用した場合のCO₂削減量などを総合的にとらえ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。

研究のフローチャートを、図-1に示す。平成20年から平成22年度までに、(1)街路樹の植栽・維持管理にかかるCO₂排出量、(2)剪定枝葉の発生量実測調査、(3)剪定枝葉のリサイクル方法別CO₂排出量の推計、(4)街路樹のライフサイクルにおけるCO₂収支の試算を行った。以下に研究方法及び結果の概要を示す。

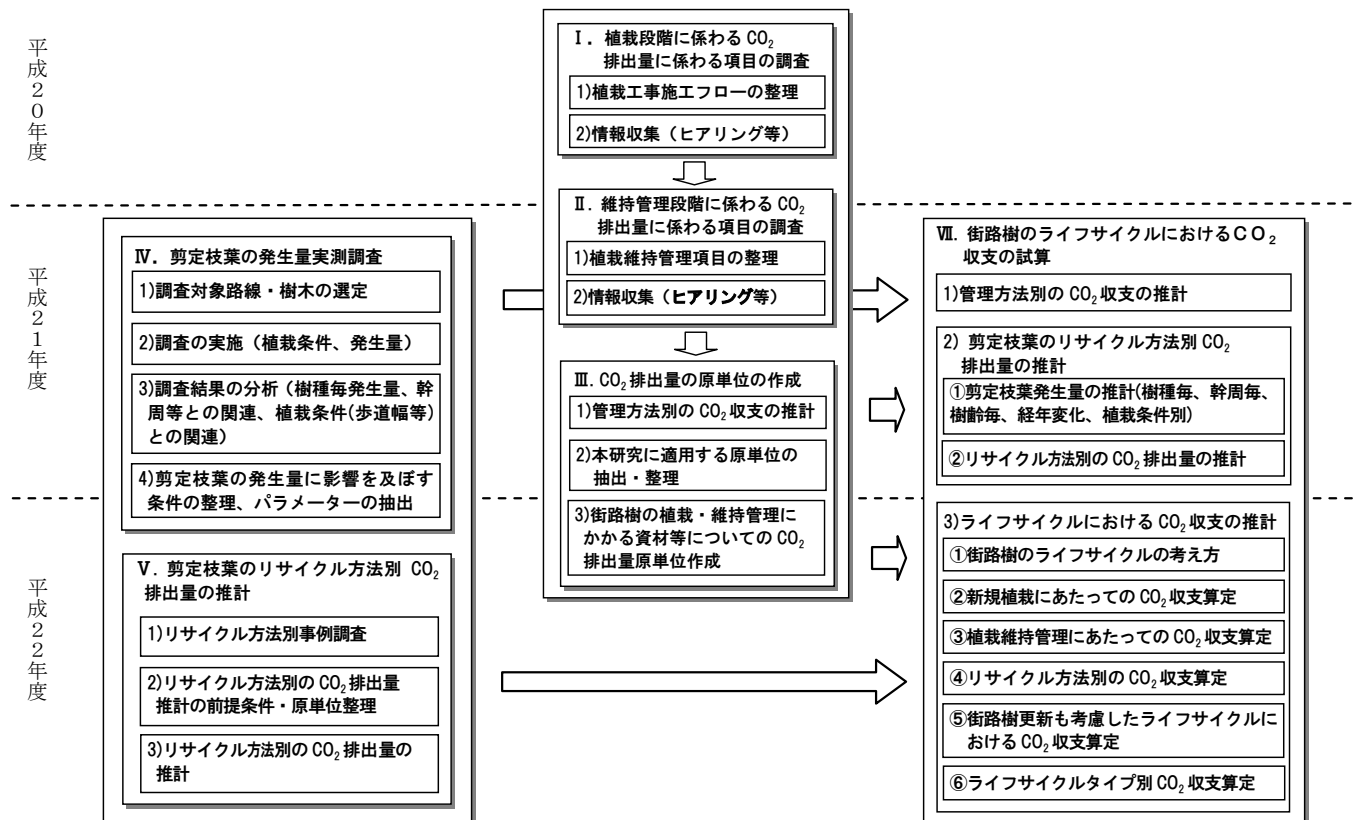


図-1 研究のフローチャート

2. 街路樹の植栽・維持管理にかかるCO₂ 排出量

2.1 植栽段階のCO₂排出量に係わる項目調査

最初に、「平成20年度国土交通省土木工事標準積算基準書（共通編）」²⁾（平成20年7月、(財)建設物価調査会、以下略）を基に、植栽工事の標準施工フローを整理した。次に、国土交通省地方整備局等に対し、アンケート及び電話または面談によるヒアリングを行い、植栽工事フローの確認、所轄管内の植栽事業の状況等について情報を収集整理した。そして、植栽工事におけるCO₂排出に係わる項目として、工種ごとの施工数量、使用機械の種類や稼働状況、資材等について「造園修景積算マニュアル 改訂17版」³⁾（平成22年10月、(財)建設物価調査会、以下略）を基に整理した。

2.2 維持管理段階のCO₂排出量に係わる項目調査

最初に、「平成20年度国土交通省土木工事標準積算基準書（共通編）」及び「造園修景積算マニュアル 改訂17版」を基に、植栽地の管理項目を整理した。次に、国土交通省地方整備局等に対し、アンケート及び電話または面談によるヒアリングを行い、植栽地の管理項目の確認、所轄管内の植栽樹木の維持管理状況の確認、発生材の量及び処分方法等について情報を収集整理した。そして、維持管理段階におけるCO₂排出に係わる項目として、工種ごとの施工数量、使用機械の種類や稼働状況、資材等について、「造園修景積算マニュアル 改訂17版」を基に整理した。

2.3 街路樹の生長量の推定

街路樹の植栽工事段階や維持管理段階では、街路樹の大きさにより歩掛が異なる項目があることから、事前に、植栽後50年間、100年間の街路樹の生長について推定を行うこととした。

街路樹の生長の仮定は以下のとおりである。

①枯死率は、業者ヒアリングをもとに0.01本/年とした。さらに、この値は、毎年一定と仮定し、50

年間、100年間の枯死する樹木については、樹齢の高い樹木から枯死することを想定した。

②枯死により補植した際は、周囲の樹木の大きさに関わらず、新規植栽と同じ規格の樹木を植栽することとした。

③街路樹の寿命を植栽時の樹齢プラス100年以上と想定し、上記の枯死率と枯死順序により、100年で100本あたり全ての樹木が植え替わることを想定した。

④50年間、100年間の100本あたりの植栽工事及び維持管理を想定して求めた全体量を100で除した値を1本あたりの量とした。

⑤街路樹では維持管理項目にもよるが、歩掛が幹周120cmまでの場合が多い。そのため、街路樹の形状が、歩掛の区分の最大値より大きい場合は、最大値の区分の数値を用いることとした（表-4参照）。

植栽時の規格については、ヒアリングにより得られた植栽時の樹高3m程度ということをもとに、公共用緑化樹木等品質寸法規格基準（案）⁴⁾を参照して、それに該当する幹周をあてはめた。さらに、既存研究⁵⁾で得られた胸高直径と樹齢の回帰式をもとに、植栽時の樹齢を推定した。その結果を表-1に示す。この樹齢をもとに、50年間、100年間の樹齢毎の胸高直径を求め、円周率3.14を乗ずることにより、幹周を推定した。なお、毎年一定の割合で枯死する支障木や50年後、100年後の街路樹の現存量を求める推定式も、既存研究⁵⁾で得られた回帰式を用

表-1 街路樹の生長量の推定に用いた回帰式

区分	イチヨウ	プラタナス	ケヤキ
高さ(m)	3	3	3.5
幹周(m)	0.15	0.12	0.15
枝張り(m)	1	1	1.2
胸高直径(cm)	4.77	3.82	4.77
胸高直径(cm) 推定式	=0.9907 × 樹齢+0.5284	=1.1681 × 樹齢-2.4394	=1.3767 × 樹齢-5.8684
樹齢	4.29	5.36	7.73
	5年	6年	8年
全乾燥重量(kg) 推定式	=0.0364 × 胸高直径 ^{2.7122}	=0.0434 × 胸高直径 ^{2.7773}	=0.0694 × 胸高直径 ^{2.5998}

表-2 植栽工事に伴い発生するCO₂の試算結果

区分	使用機械・資材		CO ₂ 原単位	算定 条件等	数量	CO ₂ 排出量				
			(kg-CO ₂ /*)			kg-CO ₂ /*				
高木 植栽	機械	小運搬	トラック	クレーン装置付 2t積 2t吊	13.83 /h	稼働時間	0.5 h	6.91	/100本	9.39 /本
	機械	樹木植栽工	トラック	2t積	13.95 /h	稼働時間	6.1 h	85.07		
	資材			ピートモス	79.37 /t	使用量	3.3 t	261.91		
	資材			固形肥料	339.28 /t	使用量	0.014 t	4.75		
	資材	樹木支柱設置工		二脚鳥居支柱(添木付き)	579.87 /100本	本数	1 100本	579.87		

注)*は、h、t、100本、本などの各区分での単位を表わす。

表-3 維持管理工事に伴い発生するCO₂の試算結果（樹木の大きさに係わらず一定の項目）

区分	使用機械・資材		CO ₂ 原単位 (kg-CO ₂ /h)	算定条件等	数量	1回あたりCO ₂ 排出量		頻度		CO ₂ 排出量					
						kg-CO ₂ /100本	回/50年	回/100年	50年		100年				
									kg-CO ₂ /100本	kg-CO ₂ /本	kg-CO ₂ /100本	kg-CO ₂ /本			
維持管理	機械	小運搬(施肥)	トラック	2t積	13.95/h	稼働時間	6 h	83.67	20	40	1,673.44		3,346.88	47.80	95.46
		小運搬(こも巻き)	トラック	2t積	13.95/h	稼働時間	6 h	83.67	10	20	836.72		1,673.44		
	機械	灌水	トラック	2t積	13.95/h	稼働時間	0.6 h	8.37	1	1	8.37		8.37		
			散水車	5,300~5,800L	16.10/h	稼働時間	0.3 h	4.83	1	1	4.83		4.83		
	機械	除草・草刈工	トラック	2t積	13.95/h	稼働時間	1.26 h	17.57	100	200	1,757.11		3,514.22		
			肩掛式 <small>(カッタ径255mm)農び石防護有り</small>		1.76/h	稼働時間	0.17 h	0.30	100	200	29.99		59.99		
	1式	街路樹の補植				100本あたり1本		9.39	50	100	469.26		938.51		

表-4 維持管理工事に伴い発生するCO₂の試算結果（樹木の大きさにより歩掛が異なる項目：剪定の事例）

ライフサイクル期間						1本あたりの剪定回数(50年間)			1本あたりの剪定回数(100年間)			
維持管理内容		単位数量	単位	CO ₂ 原単位	単位	イチヨウ	プラタナス	ケヤキ	イチヨウ	プラタナス	ケヤキ	
高木 剪定	剪定頻度					1回/3年	2回/年	1回/3年	1回/3年	2回/年	1回/3年	
	トラック運転 (冬期)	幹周 ~60 cm未満	25.1	稼働時間 h/100本	13.95	kg-CO ₂ /h	5.68	16.94	4.43	8.06	23.44	6.30
		幹周 60~120 cm未満	34.4				10.32	33.06	11.57	24.94	76.56	26.70
	CO ₂ 排出量(kg-CO ₂)					100本あたり	6,938.9	21,789.0	7,101.0	14,785.4	44,931.9	15,013.7
	トラック運転 (夏期)	幹周 ~60 cm未満	30.8	稼働時間 h/100本	13.95	kg-CO ₂ /h	16.94			23.44		
		幹周 60~120 cm未満	48.2				33.06			76.56		
	CO ₂ 排出量(kg-CO ₂)					100本あたり		29,497.7			61,528.7	
CO ₂ 排出量合計(kg-CO ₂)					100本あたり	6,938.9	51,286.7	7,101.0	14,785.4	106,460.6	15,013.7	

いた。

2.4 CO₂ 排出量の原単位の作成

苗木の生長過程におけるCO₂排出量（及びCO₂固定量）を追加し、植栽工事段階、維持管理段階に係る項目のCO₂排出量の原単位について、資料の収集整理を行った。使用機械の稼働に係る燃料消費量は、「造園修景積算マニュアル 改訂17版」により整理した。また、燃料、電気、資材及び発生材の処分等に係るCO₂排出量の原単位は、「産業連関表による環境負荷原単位データブック（3EID）（国立環境研究所）」⁶⁾と平成17年（2005年）産業連関表を基にCO₂排出原単位を作成した。抽出されたCO₂排出量に係る項目の原単位等を表-2~4のように整理した。樹木の大きさにより歩掛が異なる項目として、本研究では、剪定、薬剤防除、支障木の伐採・抜根、施肥、こも巻き養生を抽出した。表-4は、剪定の事例である。表-4に示すとおり、それぞれ維持管理期間、樹種毎に整理した。なお、利用する建設機械の製造・稼働によるCO₂排出量原単位については、建設機械の稼働、すなわち燃料消費によるCO₂排出量他に利用する建設機械の製造によるCO₂排出量も付加することとした。

3. 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・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

理している路線で剪定枝葉発生量の実測調査を行った。実測調査は、平成22年1月及び平成23年1月に実際の剪定作業に同行して行った。対象とした街路樹は、合計でトウカエデ12本、クスノキ10本、エンジュ10本、イチヨウ20本、プラタナス15本の5樹種である。剪定枝葉は、各部位別（枝・葉・実）に分割し、1本毎に生重量を測定した。次に、サンプル採取したものの生重及び乾燥させたものの乾重を計測し、乾重/生重比を算定し、全体の生重量に乗ずることにより全体の乾重量を求めた。さらに、通常用いられている樹木の乾重に対する炭素含有率0.5を用いることにより全体の炭素含有量を推計した。

樹木の剪定枝葉発生量は、樹木の枝の量との関係が大きいと類推され、一般に、枝の量などの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

$$Y=aX^b \quad (a,bは定数) \quad \text{式(1)}$$

が成り立つことが知られている⁷⁾。なお、Xとして扱う樹木の形状寸法としては樹高、胸高直径が計測しやすいが、樹高は剪定によりコントロールされている可能性があることから、形状寸法としては、胸高直径を用いることとした。胸高直径と剪定枝葉発生量の関係では、剪定枝葉発生量は、1回あたりの剪定枝葉発生量を用いることとした。そこで、樹木の1回あたりの剪定枝葉発生量（乾重）をYとし、

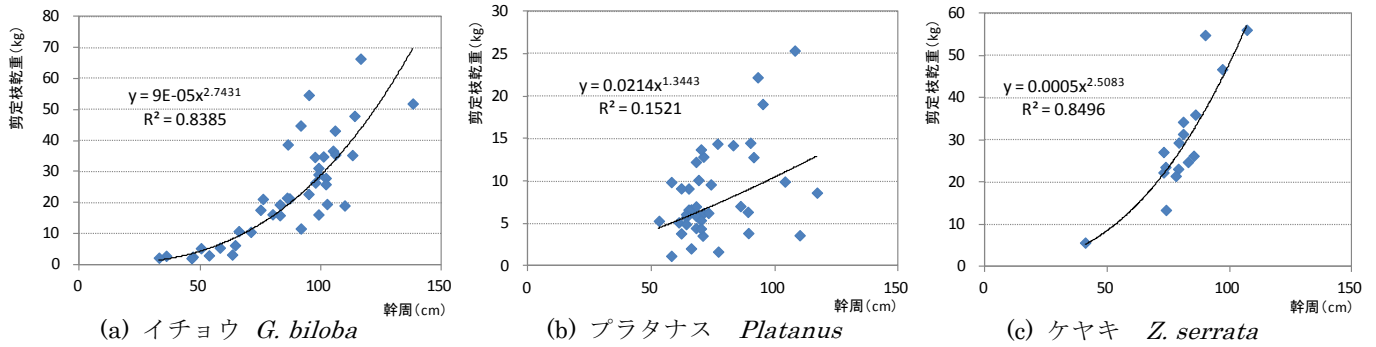


図-2 胸高直径と1回あたりの剪定枝発生量との関係

樹木の胸高直径をXとして相対成長式を求めた。解析は、当研究室で、平成12、13年度に実施した剪定枝葉発生量調査⁸⁾のデータも追加して行った。図-2にイチョウ、プラタナス及びケヤキについての事例を示す。前述の5種のうちプラタナス以外は、高い決定係数が得られたが、プラタナスについては、年2回の剪定を行っており、冬期剪定の結果からだけでは決定係数は低いものとなった。次に、樹齢と胸高直径の関係については、先行研究⁹⁾で回帰式が得られている無剪定木での該当樹種の樹齢と胸高直径の関係式を用いることとした。

4. 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、木質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、①チップ化、②堆肥化、③炭化、さらに、エ

ネルギー回収も含めて④チップ化+エネルギー回収、⑤直接燃焼（チップ化）+エネルギー回収、⑥ペレット化+エネルギー回収、⑦ガス化+エネルギー回収、⑧バイオエタノール化+エネルギー回収を対象とした。調査は、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アンケートやヒアリングにより実施した。その結果をもとに、リサイクル方法別のCO₂排出削減量をまとめたものを表-5に示す。ここでは、カーボンニュートラルの考え方をもちに、剪定枝に固定されたCO₂やそのリサイクル過程における排出や利用段階における排出は考慮していない。まず、各処理工程等におけるCO₂排出量及びエネルギー取得した場合の代替エネルギー利用に係るCO₂排出量を削減量とみなしCO₂収支を求め原単位Cとした。次に、通常行われている焼却処分（直接燃焼）と比較するために、ヒアリング調査によって得られた焼却処分に係るCO₂排出量0.3741kg-CO₂/kg

表-5 剪定枝処理・処分方法別のCO₂排出原単位

処理・処分方法		調査処理施設数	各処理工程等におけるCO ₂ 収支(kgCO ₂ /kg-乾重)							CO ₂ 排出原単位 (焼却処分との比較) kg-CO ₂ /kg-乾重			
			処理工程別排出					エネルギー取得 ※1				収支	
			チップ化	堆肥化	炭化	ペレット化	燃焼等	B	-	C=A+B	D=C-0.3741		
A1	A2	A3	A4	A5	B	-	C=A+B	D=C-0.3741					
チップ化	現地処理型	1	0.0392	-	-	-	-	-	0.0392	排出	-0.3349	削減	
	プラント処理型	6	0.0470	-	-	-	-	-	0.0470	排出	-0.3271	削減	
チップ化+堆肥化	現地処理型	1	0.0392	0.0211	-	-	-	-	0.0603	排出	-0.3138	削減	
	プラント処理型	2	0.0638	0.0237	-	-	-	-	0.0875	排出	-0.2866	削減	
炭化	チップ化あり	1	0.5388	-	0.0610	-	-	-	0.5998	排出	0.2257	増加	
	切断あり	1	-	-	0.5776	-	-	-	0.5776	排出	0.2035	増加	
	切断なし	1	-	-	0.2034	-	-	-	0.2034	排出	-0.1707	削減	
チップ化+エネルギー回収		2	0.0374	-	-	-	0.0049	-0.8874	灯油	-0.8452	削減	-1.2193	削減
(チップ化)+エネルギー回収		2	0.0458	-	-	-	0.0334	-0.8874	灯油	-0.8082	削減	-1.1823	削減
ペレット化+エネルギー回収		2	0.0197	-	-	0.0041	-	-0.8874	灯油	-0.8636	削減	-1.2377	削減
ガス化+エネルギー回収		2	-	-	-	-	0.0627	-0.2354	電力	-0.1727	削減	-0.5468	削減
バイオエタノール+エネルギー回収		1	0.0871	-	-	-	-	-0.6086	ガソリン	-0.5215	削減	-0.8956	削減

注) : チップを購入して燃焼しているため、処理・処分方法のチップ化(現地処理型・1施設、プラント処理型・6施設、計7施設)の平均値を与えた。
 : 設備重量等が不明で機械製造のCO₂排出量は含まれていないが、事例数が少ないため検討に加えた(エネルギー使用に伴うCO₂排出で検討)。
 : ペレット利用を灯油代替として適用した。

※1 : 各処理工程等におけるCO₂収支のA、Bで複数の施設がある場合はその平均値を用いている。
 ※2 : Dは、Cよりヒアリング調査により得られた焼却処分のCO₂排出量0.3741kg-CO₂/kgを減じた数値。
 ※3 : エネルギー取得の形態(灯油、電力、ガソリン)は各施設において取得・利用されるエネルギーによって区分している。

表-6 街路樹のライフサイクルに伴うCO₂の試算結果

対象樹種	剪定頻度	ライフサイクル	苗木育成・運搬					植栽工事	維持管理			CO ₂ 固定量				CO ₂ 収支
			育成		運搬	生長の影響がない項目	生長により変化する項目		維持管理小計	剪定枝	支障木	(リサイクル可能項目小計)	街路樹本体	合計		
			発生	固定											kg-CO ₂ /本	kg-CO ₂ /本
			支障木	本体	kg-CO ₂ /本		kg-CO ₂ /本		kg-CO ₂ /本		kg-CO ₂ /本		kg-CO ₂ /本・ライフサイクル			
-	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j=h+i	k	l	m=k+l+d	n	o=c+e+f+g+j+n	
イチョウ	1回/3年	50年	9.51	-3.10	-6.20	2.40	14.09	47.80	141.09	188.9	-791.3	-539.1	-1,333.5	-2,254.4	-2,045.7	
		100年	12.68	-6.20	-6.20	3.20	18.78	95.46	315.07	410.5	-5,509.7	-5,781.8	-11,297.7	-5,581.8	-5,142.8	
プラタナス	2回/1年	50年	9.51	-3.10	-6.20	2.40	14.09	47.80	587.47	635.3	-1,827.3	-1,164.0	-2,994.3	-5,031.2	-4,376.1	
		100年	12.68	-6.20	-6.20	3.20	18.78	95.46	1,235.24	1,330.7	-6,364.1	-13,682.5	-20,052.8	-13,193.9	-11,834.7	
ケヤキ	1回/3年	50年	9.51	-3.10	-6.20	2.40	14.09	47.80	149.86	197.7	-2,866.0	-1,416.9	-4,286.0	-5,923.4	-5,705.9	
		100年	12.68	-6.20	-6.20	3.20	18.78	95.46	325.86	421.3	-18,623.9	-14,912.7	-33,542.8	-14,404.0	-13,954.2	

注1) 苗木育成・運搬、植栽工事は、50年後には半分更新し、100年後には全て更新になることから、1本あたりの原単位をそれぞれ1.5倍、2倍した数値を用いている。
 注2) 苗木育成の固定量 d、e は苗木段階での支障木と街路樹本体のCO₂固定量で、支障木のCO₂固定量と街路樹本体のCO₂固定量nはその分を差し引いてある。
 注3) 苗木育成の固定量 e は、イチョウ、プラタナス、ケヤキ、クスノキ、トウカエデの平均を用いているため、同じ数値となっている。
 注4) リサイクル可能項目小計では、支障木が苗木段階のCO₂固定量dを差し引いているため、その分をプラスしてある。

を減じたものをCO₂排出量原単位Dとしている。表-5に示すように、エネルギー回収まで行った場合の原単位CはマイナスでCO₂削減効果を有しているが、それ以外のリサイクル手法では原単位がプラスでCO₂排出源となっていることがわかる。焼却処分と比較した場合には、炭化の一部以外はすべてマイナスとなり、焼却処分よりCO₂排出削減効果を有していることがわかった。ただし、ここでは、前述したようにカーボンニュートラルの考え方をもとに、剪定枝に固定されたCO₂やそのリサイクル過程における排出や利用段階における排出は考慮していない。そのため、土壌改良や水質改良に用いられる炭化材は、長期にわたり炭素として固定され、マルチング等として利用されるチップ化も比較的長期にわたり炭素を固定していることも考慮する必要がある。

5. 街路樹のライフサイクルにおけるCO₂収支の試算

剪定頻度及び剪定枝葉の処理方法等を元に、樹種別の植栽管理モデルを設定するために前述のイチョウ、プラタナス、ケヤキ、クスノキ、トウカエデの5樹種を用いた。ここでは、イチョウ、プラタナス、ケヤキの無剪定木での樹木成長をもとにした事例を示す(表-6)。街路樹の苗木育成・運搬、植栽工事から維持管理でのCO₂排出量を標準の剪定頻度を用いて算定した。なお、表-6のCO₂固定量は、樹木の乾重にその炭素含有率0.5及びC(炭

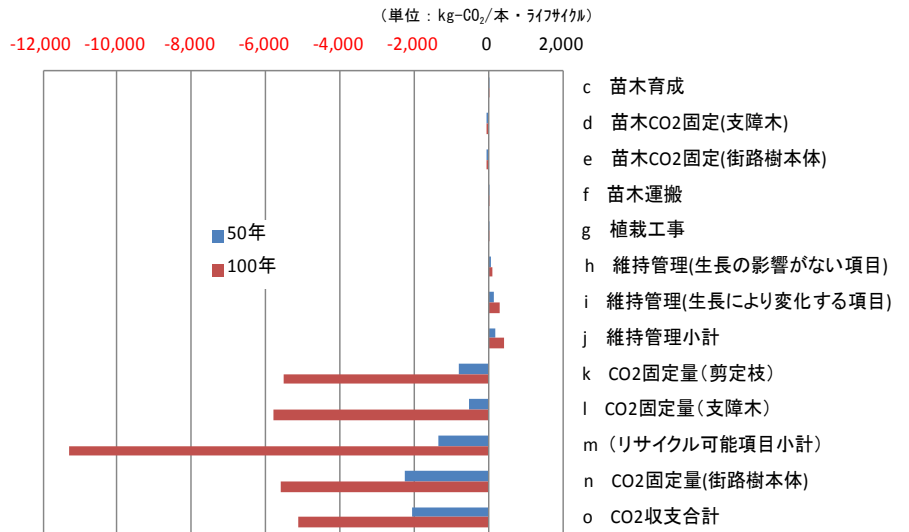


図-3 街路樹のライフサイクルに伴うCO₂の試算結果(イチョウの事例)

素) に対する CO₂ の分子量の比 (CO₂/C=44/12) を乗じて求めたものである。図-3 はイチョウの事例をグラフ化したものであるが、街路樹本体のCO₂固定量に比較し、苗木育成・運搬、植栽工事、維持管理に伴い発生するCO₂排出量は少なく、ライフサイクルで考えても街路樹はCO₂を固定する能力を有していることがわかる。なお、CO₂収支合計oには、剪定枝k、支障木l及び(リサイクル可能項目小計)mは含まれていない。次に、表-6で発生した剪定枝葉及び支障木をリサイクル可能項目としてリサイクルした場合のCO₂排出収支を図-4に示す。図-4はイチョウの事例であるが、表-6のリサイクル可能項目小計mを樹木の乾重に割戻した数値に表-5の原単位Cの数値(焼却処分の場合は、0.3741)を乗じたものを表-6のCO₂収支の合計oに加えたものである。図-4に示すとおり、ライフサイクルで考えた場合に、50年後、100年後では、街路樹本体が大きなCO₂固定源として現存しているため、焼却処分(直接燃焼)の場合にも

CO₂ 固定としての役割を果たしていることがわかった。また、樹木に寿命がある以上、一定の割合で枯死し、表-6 及び図-3 の支障木 1 を見ても分かる通り、その CO₂ 固定量の街路樹本体 n に対する割合は、ライフサイクルを 50 年から 100 年と長くとりにつれて大きくなる。都市緑化を考える場合に、剪定枝も含めてこれらの植物発生材の有効利用が、今後の低炭素社会の構築に向けて重要であると考えられる。

6. おわりに

本研究では、街路樹のライフサイクルにかかる CO₂ 排出収支を試算した。街路樹の生長に関しては、回帰式が得られている無剪定樹木のものを用いた。しかし、通常、生育空間が限られており、剪定の影響を受けている街路樹では、CO₂ を固定する葉面積の総量が通常は無剪定木に比較し、小さく、無剪定木の回帰式を用いた場合は、街路樹の生長に関し、過大に見積もっていることが予想される。そのため、これまであまり研究が行われてこなかった剪定の影響を受けた街路樹の生長量の推定の研究が必要であると考えられる。また、剪定枝等の植物発生材の有効利用については、現在、緑のリサイクルセンター等で行われている堆肥化、チップ化以外にも、熱源取得のためのチップボイラーであるとか、小規模でも発電効率のよいバイオマスガス発電など、今後普及する可能性がある。そのため、植物発生材の有効利用に適したリサイクル手法の調査、研究、開発が今後とも必要になってくると考えられる。

参考文献

- 1) 地球温暖化対策推進本部：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 日全部改訂）、pp.58
- 2) 国土交通省 大臣官房技術調査課監修：平成 20 年度国土交通省土木工事標準積算基準書（共通編）、（財）建設物価調査会、2008
- 3) 風間伸造：造園修景積算マニュアル 改訂 17 版、（財）建設物価調査会、2010
- 4) 国土交通省都市・地域整備局公園緑地・景観課緑地環境室監修：公共用緑化樹木等品質寸法規格基準（案）の解説、財団法人日本緑化センター、2009

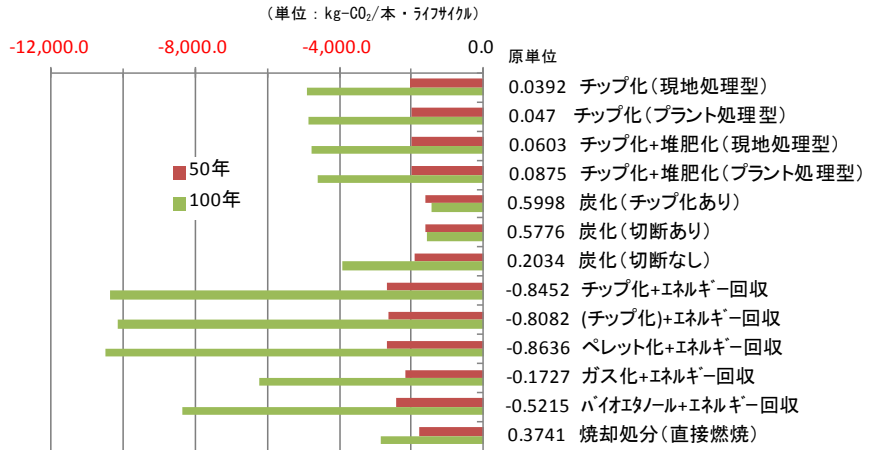


図-4 発生材リサイクルも考慮した場合の処理処分方法別街路樹LCCO₂排出量収支(イチョウの事例)

- 5) 松江正彦、長濱庸介、飯塚康雄、村田みゆき、藤原宣夫：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)、pp.318~324、2009
- 6) 南齋規介、森口祐一、東野達：産業連関表による環境負荷原単位（3EID）-LCA のインベントリーデータとして-、(独)国立環境研究所地球環境研究センター、2002
- 7) 佐藤大七郎：陸上植物群落の物質生産 I a-森林-、共立出版、95p、1973
- 8) 藤原宣夫・山岸 裕・田中 隆・新島啓司・中居恵子：剪定管理が都市緑化樹木の CO₂ 固定に与える影響に関する考察、日本緑化工学会誌、29(1)、pp.45~50、2003

山岸 裕*



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 主任研究官
Yutaka YAMAGISHI

松江正彦**



神奈川県県土整備局環境共生都市部参事(前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