

---

# 1.研究成果

---



## 1.1 地球温暖化対策に関する研究

---

---

1) 公共緑地における土壌の CO <sub>2</sub> 固定に関する研究	
【試験研究費】 .....	5
2) 都市緑化樹木の CO <sub>2</sub> 固定量算定における精度向上に関する研究	
【国営公園等事業調査費】 .....	9
3) 国営公園再生可能エネルギー活用実証事業	
【国営公園等事業調査費】 .....	11



# 公共緑地における土壌のCO<sub>2</sub>固定に関する研究

Research on CO<sub>2</sub> fixation of soil in public open spaces

(研究期間 平成 23~25 年度)

道路研究部 緑化生態研究室  
Road Department  
Landscape and Ecology Division

室長 栗原 正夫  
Head Masao KURIHARA  
主任研究官 山岸 裕  
Senior Researcher Yutaka YAMAGISHI

In this study we tried to estimate the CO<sub>2</sub> fixation of soil in public green spaces like city parks and revegetation slopes along a road by experiment. There are many studies on forest soil. However, there are few studies on soil in public green spaces. We made experimental grass plots in 2011 to investigate continuously.

## 【研究目的および経緯】

気候変動をめぐる国際的な枠組みの中で、炭素固定量は、LULUCF-GPG<sup>注1)</sup>に定められた方法に基づいて算定し報告することとされており、植生回復に関わる報告対象として、①5つの炭素プール(地上バイオマス、地下バイオマス、土壌、リター(落葉・落枝)、枯死木)に加えて、②石灰の施肥による炭素排出、③バイオマスの燃焼による炭素排出が必要とされている。しかし、LULUCF-GPGには、①の炭素プールのうち高木に関するバイオマスに関するデフォルト値はあるものの、土壌、リターなどのデフォルト値や、バイオマスに関しても低木や芝生地等のバイオマス量は示されていない。このため、これらの算定に必要な係数は選択した国が独自の知見として科学的根拠に基づき作成する必要がある。注1)「土地利用、土地利用変化及び林業に関する良好手法指針」(Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry)

これまで芝生地については、地上部が一定の高さに刈り取られ、刈草は搬出されることもあり、吸収源の対象としては扱われてこなかったが、都市・地域整備局等が実施した調査<sup>1) 2) 3)</sup>により、施工後の年数の異なる芝生地の土壌中の炭素量の比較により、年数と共に増加する傾向が見られた。また、高木植栽地の土壌についても、都市公園の高木植栽地や、樹林化が行われている高速道路の盛土のり面の整備後の年数の異なる箇所での土壌中の炭素量の比較により、年数と共に炭素量が増加する傾向が見られた。しかし、このときの調査は異なる場所間のデータ比較であるために、同じ場所で実際に炭素量の増加が見られるのか、また増加する場合には、どのようなメカニズムで土壌内の炭素

量が増加するのかが明らかになっておらず、メカニズムの解明と、継続調査による増加量の算定式の作成が求められている。また高木植栽の土壌中の炭素量についても、いわゆる森林土壌については計測が行われているが、都市公園や道路法面等の植栽地においては不明である。

そこで本研究では、芝生地において土壌中に蓄積される炭素量の増加は、①光合成によって空気中の二酸化炭素を取り込んだ芝が、②地上部と同様に根茎にも蓄積を続け、③地上部は刈り込まれるものの、④根系の枯死物が土壌内に還元されることによって、⑤土壌内の炭素量が増加するのではないかという仮説を立てている。また、それを立証するために、芝生の地上部と共に生きた根の成長量や枯死量及び、土壌中の炭素量の変化を継続して正確に調査することにより、その変化量を正確に把握し、そのことにより土壌中の炭素量の増加のメカニズムを明らかにできるのではないかと予測している。またこの調査を数年間継続することにより、土壌中の炭素固定量算定式を作成することができるものと予測している。

## 【研究内容】

### 1. 研究方法

研究は、国土技術政策総合研究所構内緑化圃場にワグネルポットによる屋内試験区及び屋外試験区を設置して行った。

#### 1.1 試験区の設定

##### 1) 草種

草種は暖地型として、維持管理の容易な日本芝のノシバ及び西洋芝のセンチピードグラスを用いた。寒地

型としては、西洋芝のケンタッキーブルーグラスを用いた。ただし、屋外試験区については、寒地芝は用いなかった。なお、屋内・屋外試験区とも対象区として、無植栽区も設置した。

## 2) 通常刈込区・非刈込区

屋内・屋外試験区とも全ての草種で、通常刈込区及び非刈込区を設置した。刈草については、屋内・屋外試験区とも除去することとした。刈込回数は、屋内・屋外とも、芝生の成長期に月1回程度とし、刈高は3cmとした。

## 3) 客土区・非客土区

屋内・屋外試験区とも試験区設置の際の土壌は、黒土を深度30cmの深さまで客土して用いた。なお、屋外試験区においては、緑化圃場周辺に客土していない土壌区も対象区として3箇所程度設置した。

## 1.2 計測対象

### 1) 試料採取

各試験区及び対象区毎に、上部(5cm)、中部(15cm)、下部(25cm)の土壌を300g程度採取することとした。

試料採取は、第1回目は2012年10月29日から11月2日、第2回目は2013年2月27日から3月1日に行った。

### 2) 土壌分析

土壌分析の対象としては、①pH、②電気伝導度 EC、③全窒素、④全炭素、⑤CN比とした。各分析項目は、土壤環境分析法(博友社、土壤環境分析法編集委員会編、1997)に基づいて行うこととした。pHはガラス電極法、電気伝導度 ECは1:5水浸出法により行った。全炭素・窒素含有量は乾式燃焼法により分析を行い、CN比はその計算値とした。

### 3) 植物成長量調査

屋内試験区においては、植物生長量調査として、①草丈、②緑被率、③刈込した場合の刈草の乾燥重量、④土壌分析を行った個体の地上部乾燥重量及び地下部乾燥重量(ただし、土壌調査のサンプルを除外した部分)を行うこととした。

### 4) 環境要因

環境要因として、屋内・屋外試験区ともに、気温の計測を行った。屋外試験区においては、地温・体積含水率・電気伝導度を計測するセンサーを試験区に埋設した。

## 2. 試験区の設定

### 2.1 屋内試験区

#### 1) 試験区の設定

1.1で説明したとおり、屋内試験区については、暖地型の日本芝及び西洋芝、寒地型の西洋芝を用いて、以下のような試験区を設定した。

試験区①：日本芝、刈込区

試験区②：日本芝、非刈込区

試験区③：西洋芝(暖地型)、刈込区

試験区④：西洋芝(暖地型)、非刈込区

試験区⑤：西洋芝(寒地型)、刈込区

試験区⑥：西洋芝(寒地型)、非刈込区

試験区⑦：無植栽区(対象区)

繰り返しを3とし、年2回の土壌分析を行えるように試験区を設定した。

#### 2) 試験区の設定(図-1)

試験区は、緑化圃場内の温室に平成24年度2月に設置した。各試験区は、温室内の作業テーブルにランダムに配置した。ノシバは、張り芝で施工を行った。なお、センチピードグラス及びケンタッキーブルーグラスについては、播種時期ではなかったため、同年4月下旬に播種した。播種量は、各種苗の取扱説明に従いセンチピードグラスで12g/m<sup>2</sup>、ケンタッキーブルーグラスで50ml/m<sup>2</sup>とした。

#### 3) 維持管理

灌水は、季節により週1~2回程度自動により行うこととした。温室上部の窓は一定温度以上になると開閉するように設定し、温室側面の窓も適宜開閉するなどして、温室内が高温になるのを防止することとした。また、除草については、適宜行うこととした。

## 2.2 屋外試験区

### 1) 試験区の設定

1.1で説明したとおり、屋内試験区については、暖地型の日本芝及び西洋芝を用いて、以下のような試験区を設定した。

試験区①：客土区、日本芝区、刈込区

試験区②：客土区、日本芝区、非刈込区

試験区③：客土区、西洋芝区、刈込区

試験区④：客土区、西洋芝区、非刈込区

試験区⑤：客土区、無播種区(対象区)

繰り返しを3とし、15区の試験区を設定した。

また、試験区以外を対象区として、対象区⑥:(無客土区、自然草地)を緑化圃場周辺に3箇所設置した。

#### 2) 試験区の設定(図-2、図-3)

試験区は、緑化圃場内の屋外に平成24年度2月に設置し、各試験区についてはランダムに配置することとした。ノシバは、張り芝で施工を行った。なお、センチピードグラスについては、播種時期ではなかったため、同年4月下旬に播種した。播種量は、種苗の取扱説明に従いセンチピードグラスで12g/m<sup>2</sup>とした。

なお、周辺樹木の落葉の腐朽による影響を受けないように、周辺部及び上部は風通しのよいネットで遮断することとした。

### 3) 維持管理

灌水は、ノシバが成長を開始する時期及びセンチピードグラスの播種後に行うこととしたが、それ以降は行わないこととした。除草については、適宜行うこととした。

## 3. 結果と考察

### 3.1 各試験区の植生の変化

各試験区の植生変化として草丈及び緑被率を毎月中旬に計測した。なお、以下に示す数値は、各試験区の平均値である。緑被率については、屋内試験区では、ワグネルポットの真上 30cm 程度の上から、屋外試験区では毎回定位置からデジタルカメラで撮影し、Adobe Photoshop を用いて計測した。Adobe Photoshop では、色域指定の機能を用いて、各草種の生体の色を指定して生体を抽出し、そのピクセル数を計測し、試験区全体（屋内試験区では、ワグネルポットの円形、屋外試験区では正方形）のピクセル数と比較することにより緑被率を抽出した。

#### 1) 屋内試験区

屋内試験区の刈込区では、全ての草種で刈込を7月から10月の毎月月上旬に行った。

##### ①草丈及び緑被率

草丈は、ノシバについては6月、センチピードグラスとケンタッキーブルーグラスについては7月頃まで急速に成長するがその後横ばいになる。刈込区は、7月から刈込を開始しているため草丈が下降気味になっている。(図-1)

緑被率については、刈込区、非刈込区の差よりは、草種で差が見られた。一般的に、屋外試験区では、ノシバ、センチピードグラスとも 100%近い緑被率になったが、屋内試験区では、屋外よりも緑色にならず、Adobe Photoshop を用いた色域指定による判別では、用いた色にもよるが高い被覆率にはならなかった。ただし、被覆という意味では、ケンタッキーブルーグラス以外のノシバ、センチピードグラスとも完全に被覆していた。(図-2)

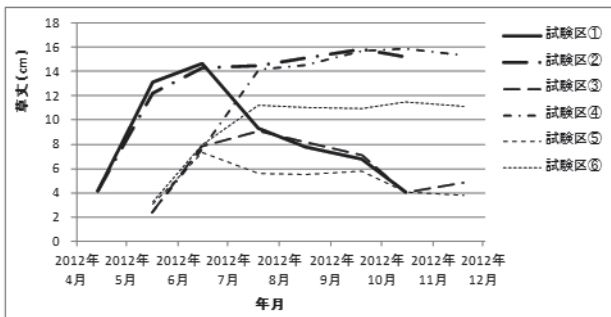


図-1 計測期間中の草丈の変化  
(屋内試験区：各試験区 n=25~30)

ノシバでは、張り芝で行ったため、観測期間当初より、高い被覆率を示していたが、8月をピークに枯れが目立ち下降気味となった。センチピードグラスは、6月をピークに急速に緑被率が拡大したが、葉の色の変化で、その後下降気味となった。ケンタッキーブルーグラスは、7月にピークとなったが、成長という意味では、他の2草種に比較し、成長が遅かった。(図-2)

##### ②植物体生長量

植物体生長量は、刈草については、刈込区の各サンプル毎に刈込後、冷凍庫に保管しておき年度末に、乾燥せ、重量を測定した。葉、根については、土壌分析のためのサンプルを収集した残分を水洗いし、乾燥させ重量を測定した。そのため、葉及び根については、相対的な比較である。H24分刈草については、土壌分析を行った以外のサンプルのものも年度毎に計測している。ただし、第1回目の土壌分析のサンプルについては、10月分の刈込を行う前に、土壌分析を行ったため除外した。

草種別では、ノシバ、センチピードグラス、ケンタッキーブルーグラスの順に生長量が大きかった。第2回目の生長量は、第1回目と比較し、ほぼ小さくなったが、これは、第2回目の計測が2月下旬から3月上旬に行なったため、枯死したためと考えられる。(表-1)

#### 2) 屋外試験区

屋外試験区の刈込区では、ノシバでは7月から10月、センチピードグラスでは8月から10月、の毎月月上旬に刈込を行った。

##### ①草丈及び緑被率

草丈では、ノシバ、センチピードグラスとも10月頃

表-1 計測期間中の植物体生長量の変化  
(第1、2回：刈草、葉及び根 n=3、H24分：n=26~27)

	植物体生長量(乾重)(g)								H24分率 刈草
	第1回				第2回				
	刈草	葉	根	計	刈草	葉	根	計	
試験区①	4.7	8.5	11.5	24.8	6.1	7.6	7.7	21.4	5.6
試験区②		11.3	14.0	25.3		9.7	9.3	19.0	
試験区③	6.0	7.3	6.8	20.1	3.9	4.7	3.5	12.1	3.1
試験区④		8.8	7.4	16.2		6.6	3.9	10.5	
試験区⑤	1.7	1.2	2.6	5.5	2.0	0.8	2.3	5.1	1.2
試験区⑥		1.8	3.0	4.8		1.7	3.7	5.4	

注)第1回分を除く

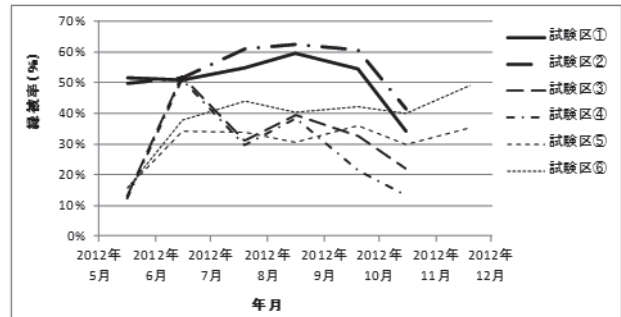


図-2 計測期間中の緑被率の変化  
(屋内試験区：各試験区 n=25~30)

まで成長し、その後やや下降気味となった。刈込区については、刈込開始後下降した。(図-3)

緑被率については、刈込区・非刈込区ともに9月頃まで拡大した。特に、ノシバでは、100%近く、センチピードグラスでも90%以上となった。(図-4)

### 3.2 気温及び地温等の変化

屋内試験区での気温の変化を図-5に示す。グラフは、1時間毎に計測した結果であるが、温室内ということもあって、夏期には、高温に達し、計測期間中の最高気温は48.5℃、最低気温は-5.9℃、平均で19.3℃であった。

### 3.3 土壌の化学性(表-2)

PHは、屋内、屋外試験区とも、第1回は5.9~6.1、第2回は5.7~5.8と適正の範囲内で、ばらつきは少なかった。ただし、第1回目から第2回目にかけてPHが低下した。

ECは、第1回目では、屋内試験区で11.3~17.7(mS/m)、屋外試験区では5.1~6.2(mS/m)、第2回目では、屋内試験区で9.2~11.8(mS/m)、屋外試験区では4.2~4.8(mS/m)と施肥をしていないためか低く貧栄養の傾向にあった。特に、屋外では低く対象区とほぼ同様であった。屋内・屋外試験区とも第1回~第2回にかけて、ECの低下がみられた。

### 3.4 全炭素・窒素含有率(表-2)

全炭素では、屋内・屋外試験区の試験区とも70~80g/Kgと本研究では深さ30cmまでを黒土で客土したため、既存の都市公園での土壌の調査結果<sup>6)</sup>と比較しても高い数値となった。実験開始時に用いた土が、比較的炭素含有率が高かったためか、2回目では、屋内・屋外試験区の試験とも低下する傾向が見られた。

全窒素では、屋内・屋外試験区の試験区とも窒素含

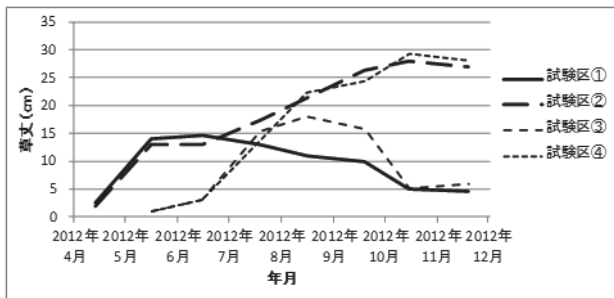


図-3 計測期間中の草丈の変化(屋外試験区：n=3)

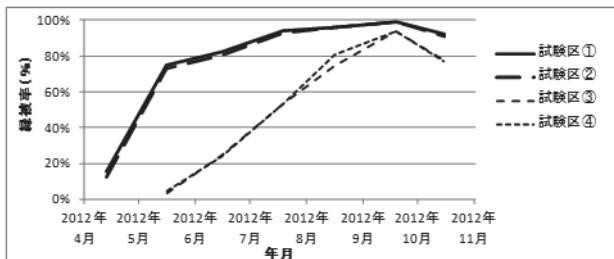


図-4 計測期間中の緑被率の変化(屋外試験区：n=3)

有率が4.0~5.0 g/Kgと良好であった。

### [成果の発表]

特になし

### [成果の活用]

公共緑地における土壌のCO<sub>2</sub>固定に関する基礎データとして活用予定

### [参考文献]

- 1) 半田真理子・外崎公知・今井一隆・後藤伸一(2003) 植生回復における土壌及びリターに関する炭素固定量の把握に向けた研究について, URBAN GREEN TECH, No. 69:18-22
- 2) 外崎公知・鳥山貴司(2012) 高速道路のり面土壌の二酸化炭素固定量調査, 日本緑化工学会誌, 38(1):137-140.
- 3) 外崎公知, 村山克也, 今井一隆, 柳野良明(2013) 都市公園における土壌炭素蓄積速度の推計, 日本緑化工学会誌, 38(3):373-380.
- 4) 古澤仁美・金子真司(2005) 緑化工試験地における施工後8年間の土壌の化学性と微生物バイオマスの変化, 日本緑化工学会誌, 30(3):524-531.
- 5) 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(2009) 植栽基盤整備技術マニュアル, 財団法人日本緑化センター
- 6) 高橋輝昌(2007) 都市緑地土壌の炭素固定機能に関する研究, 公園緑地研究所報告2007:117-121

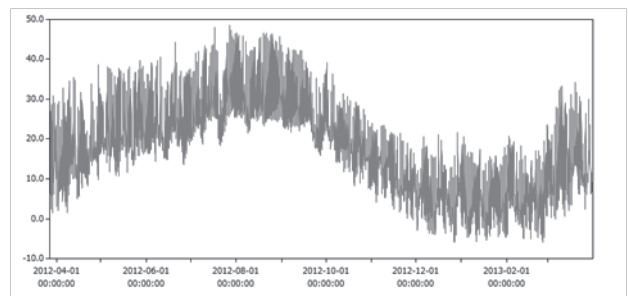


図-5 屋内試験区の気温の変化

表-2 土壌分析結果

	PH		電気伝導率 (mS/m)		炭素 (g/Kg)		窒素 (g/Kg)		C/N比		
	第1回	第2回	第1回	第2回	第1回	第2回	第1回	第2回	第1回	第2回	
屋内試験区	試験区①	6.0	5.8	12.0	11.2	72.1	71.7	4.4	4.4	16.4	16.2
	試験区②	6.0	5.8	12.4	11.2	72.1	72.3	4.4	4.5	16.3	16.0
	試験区③	5.9	5.8	11.8	9.2	72.4	71.3	4.4	4.4	16.6	16.1
	試験区④	6.0	5.8	11.3	10.7	73.2	72.1	4.4	4.5	16.5	16.1
	試験区⑤	5.9	5.7	14.1	10.3	78.0	76.0	4.7	4.7	16.6	16.1
	試験区⑥	5.9	5.7	12.4	10.8	79.4	75.9	4.7	4.6	16.7	16.3
	試験区⑦	5.9	5.8	17.7	11.8	73.1	71.0	4.5	4.4	16.3	16.0
屋外試験区	試験区①	6.0	5.8	5.4	4.2	77.6	73.6	4.8	4.6	16.3	16.0
	試験区②	6.0	5.7	5.5	4.8	77.0	75.8	4.7	4.8	16.3	15.8
	試験区③	6.1	5.8	5.5	4.2	75.1	73.5	4.6	4.6	16.4	16.1
	試験区④	6.0	5.8	5.1	4.3	76.5	74.0	4.8	4.6	16.1	16.1
	試験区⑤	5.9	5.7	6.2	4.6	77.9	74.5	4.7	4.7	16.4	16.0
	対象区①	6.5	6.2	5.9	3.9	22.8	31.7	1.8	2.5	13.2	13.0
	対象区②		6.6		5.6		34.6		3.1		11.0
対象区③		6.9		5.5		25.6		2.3		10.9	

\*屋内・外試験区とも試験区は3繰り返し×3深度のn=9、ただし第1回目の炭素、窒素、C/N比は欠損値があったためn=8~9。屋外試験区の対象区はn=3。



# 都市緑化樹木の CO<sub>2</sub> 固定量算定における精度向上に関する研究

Research on improvement of the method to estimate the amount of CO<sub>2</sub> fixed by planted trees in cities  
(研究期間 平成 23~27 年度)

環境研究部 緑化生態研究室  
Environment Department  
Landscape and Ecology Division

室長 栗原 正夫  
Head Masao KURIHARA  
主任研究官 飯塚 康雄  
Senior Researcher Yasuo IIZUKA  
研究官 久保田 小百合  
Researcher Sayuri KUBOTA

We investigated the amount of growth of 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]

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（最終報告は 2014 年春）。また、日本は京都議定書の第二約束期間には参加しないこととしたが、2020 年の新たな国際的枠組みを決めるまでの期間及び、新たな国際的枠組みの報告にあたっては削減量を取りまとめる必要がある。

国土交通省では都市緑化等の植生回復による CO<sub>2</sub> 固定量を取りまとめることとしており、算定精度の向上が課題となっている。そのため、これまで国土技術政策総合研究所では、伐採・掘り取りによる CO<sub>2</sub> 固定量の算定を行ってきたが、貴重な樹木資源の損失となること、伐採と掘り取りに時間と費用を要することから、伐採を行わずに非破壊で樹木の CO<sub>2</sub> 固定量の算定を実施している。

平成 24 年度は、樹木の形状を測量した上で、3 次元モデル化することで体積を推定する手法について、最適な測量機器及びモデリングソフトを選択し、樹木の CO<sub>2</sub> 固定量算定式を作成するために必要な体積を把握し、基礎データを集積した。

## [研究結果]

### 1. 樹木形状の 3 次元測量方法の選択

測量方法の選択の流れを図-1 に示した。樹木は複雑な形状と空間的な広がりを持つことから、樹木の形状を測量する方法として直接的な方法を選択し、また測点毎にプリズムを設置することは困難なことから、直接的な方法のうち、ノンプリズムタイプの測定手法を選択した。ノンプリズムタイプのうち、測定密度が高く、測量者による人的誤差が小さい 3 次元レーザースキャナーによる測定を選定した。

性能等を比較した結果、実際に使用する測量機器は

FARO Laser Scanner Focus 3D を、データ処理ソフトは RAPIDFORM を選択した（表-1）。

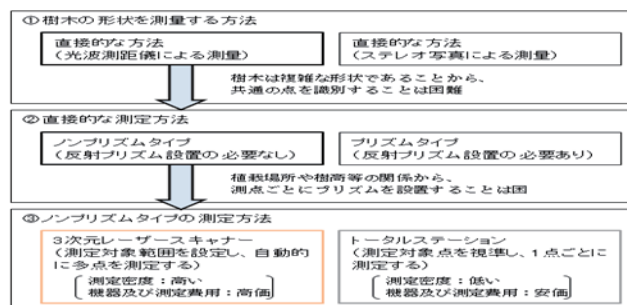


図-1 測量方法選択の流れ

表-1 使用する測量機器とデータ処理ソフト

製造元	FARO	TOPCON	Leica	Leica	Leica	Trimble	REGL
国	アメリカ	日本	ドイツ	ドイツ	ドイツ	アメリカ	オーストリア
形式	LSF 3D	GLS-1500	ScanStation C10	HDS3000	HDS7000	GX3D	VZ-400
計測距離	0.6m~120m	1.3m~330m	0.1m~300m	1m~200m	0.3m~187m	1.3m~200m	1.5m~600m
測定方式	位相差法	タイムオフフライト法	タイムオフフライト法	タイムオフフライト法	位相差法	タイムオフフライト法	タイムオフフライト法
計測速度(点/秒)	122,000/秒~976,000/秒	30,000/秒	50,000/秒	1,800/秒	1,016,000/秒	5,000ポイント/秒	122,000/秒
計測精度	4mm/100m	2~4mm/100m	8~12mm/100m	8~12mm/100m	6mm/100m	7~12mm/100m	3~5mm/100m
距離精度	2mm/25m	4mm/150m	4mm/50m	4mm/50m	3mm/50m	7mm/100m	3mm/100m
位置精度	2mm/25m	4mm/150m	6mm/50m	6mm/50m	3mm/50m	12mm/100m	5mm/100m
視野範囲	鉛直 305° 水平 360°	35°	270°	270°	320°	60°	100°
カラー点群取得	○	○	○	○	○	○	○
質量	5kg	16kg	13kg	16kg	10kg	13kg	10kg
本体価格(万円)	500	1,260	1,500	1,500	2,200	1,400	2,100
データ処理ソフト価格	150	200	200	200	200	200	200
累計価格(万円)	650	1,460	1,700	1,700	2,400	1,600	2,300
①測定距離	◎ 比較的距離から100m程度までの測定性能を有する。						
②測定精度	◎	◎	○	○	◎	○	◎
③測定範囲	◎	△	○	○	◎	△	△
④測定時間(速度)	◎	○	○	△	◎	△	◎
⑤機器重量	◎	△	△	△	◎	△	△
⑥汎用性	◎	○	△	△	△	△	△
■総合評価	◎	○	△	△	◎	△	△

発売元	INUS Technology	geomatic	InnoMetric Software	SolidWorks	株式会社エスピー	Auto desk
国	アメリカ	アメリカ	カナダ	アメリカ	日本	アメリカ
ソフト名	RAPIDFORM	geomatic	Polyworks	Solidworks	LandForms	AutoCAD Civil 3D
特徴	機械・工業系ソフト	機械・工業系ソフト	機械・工業系ソフト	土木・建築系ソフト	土木・建築系ソフト	土木・建築系ソフト
ソフト価格(万円)	250	350	190	250	380	90
①データの互換性	○	○	○	○	○	○
大量点群読み込み	○	○	○	○	○	○
点群RGBカラー	○	×	○	×	×	×
②データ処理能力(点群数)	○	×	×	×	×	×
③画像処理能力	○	○	○	○	○	○
点群からの自動モデル化機能	○	○	○	○	○	○
曲面作成機能(管形状)	○	○	○	○	△	△
④汎用性	△	×	○	△	×	◎
■総合評価	◎	○	○	△	×	×

## 2. 精度の検証

1. で選択した方法で検証木(ヤマモモ・樹齢66年、樹高8.0m、胸高直径82cm)を測量し3次元モデルを作成して体積を推定した。また、検証木を伐採して、満水にした容器に沈め樹木体積分の水を溢れさせ、減少した水の深さに容器の底面積を乗じて算出した樹木の体積を、検証の基準値とした。

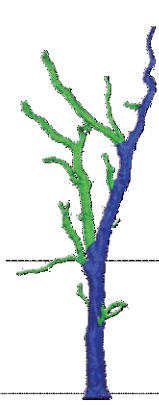
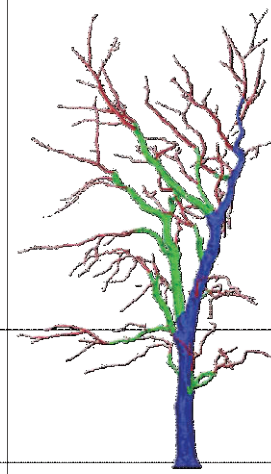
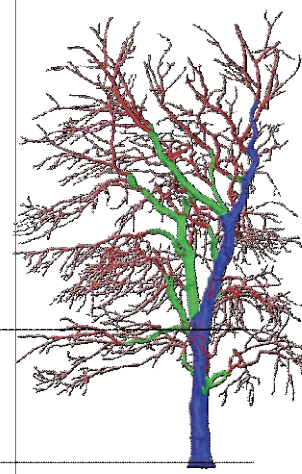

機械設置点数とモデル作成方法の異なる3次元モデルから推定した体積と、実測した体積を比較した(表-2)。  
 ①17測点(自動モデル化処理)では約69%、  
 ②17測点(自動+枝φ2cm以上を手動モデル化処理)の場合では85%、  
 ③17測点(自動+認識可能な枝全てを手動モデル化処理)では94%であった。部位別にみると、高所や細かい枝で判別できない割合が高かった。これは、測量時に葉に隠れた部分のデータの取得が困難であったこと、風によって枝が揺れた際に取得した不要な重複点の判別が困難だったためと考えられる。直径2cm以上の部位に限って比較すると、  
 ①17測点(自動モデル化処理)で75%、  
 ②③の手動モデル化処理では93%となった。なお、直径2cm未満の部位の割合は樹木全体の約9%である。

これらの結果から、3次元レーザースキャナーでは概ね9割の精度で樹木の体積推定は可能であると考えられる。今後は、体積推定の精度を安定させるとともに、体積から重量を推定するための、全乾比重、樹木全体の重量を推定するための、地下部の推定方法についても検討する予定である。

### [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.
- 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.
- 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CO<sub>2</sub>固定量算定式, 日本緑化工学会誌, (35)2: 318-324.

表-2 3Dモデルによる推定体積と実測値

樹木モデル	①設置点数17点(自動モデル化処理)	②設置点数17点(自動+手動モデル化処理 (枝φ≥2cm以上))	③設置点数17点(自動+手動モデル化処理 (認識可能な枝全てφ≥1.0~1.5cm程度))	実測 (水槽に沈めて全ての幹と枝の体積を計測)
				
モデル体積	cm <sup>3</sup> 全体 326666 幹+枝φ≥2cm合計 326666 枝(φ<2cm) 0.0	cm <sup>3</sup> 全体 403451 幹+枝φ≥2cm合計 403451 枝(φ<2cm) 0.0	cm <sup>3</sup> 全体 446444 幹+枝φ≥2cm合計 403451 枝(φ<2cm) 42993	cm <sup>3</sup> 全体 476957 幹+枝φ≥2cm合計 433630 枝(φ<2cm) 43327
実測値に対する体積の割合(%)	% 全体 68.5 幹+枝φ≥2cm合計 75.3 枝(φ<2cm) -	% 全体 84.6 幹+枝φ≥2cm合計 93.0 枝(φ<2cm) -	% 全体 93.6 幹+枝φ≥2cm合計 93.0 枝(φ<2cm) 99.2	% 全体 - 幹+枝φ≥2cm合計 - 枝(φ<2cm) -
モデル作成方法	自動作成(作成ソフト依存方法)	自動作成 +枝φ=2cm以上の部位について、自動モデルにて作成できなかった場所を手動で補間	自動作成 +認識できる枝全て(φ=1.0~1.5cm以上の部位)について、自動モデルにて作成できなかった場所を手動で補間	
モデル作成時間(h)	ノイズ処理 5 点群合成 1 自動モデル作成 2 手動モデル作成 - 合計 3 日-時 0.4	ノイズ処理 5 点群合成 1 自動モデル作成 2 手動モデル作成 10 合計 13 日-時 1.6	ノイズ処理 5 点群合成 1 自動モデル作成 2 手動モデル作成 48 合計 51 日-時 6.4	

# 国営公園再生可能エネルギー活用実証事業

## (都市における植物廃材のエネルギー利用手法に関する研究)

Demonstration project of the use of renewable energy in national government parks

(Research on technology of making energy from pruning and mowing waste in cities)

(研究期間 平成 24～25 年度)

環境研究部 緑化生態研究室  
Environment Department  
Landscape and Ecology Division

室長	栗原 正夫
Head	Masao KURIHARA
主任研究官	山岸 裕
Senior Researcher	Yutaka YAMAGISHI
研究官	曾根 直幸
Researcher	Naoyuki SONE

In order to construct the low-carbon city and secure self-sufficient energy at the time of disaster, it is required to promote the use of locally produced and consumed renewable energy in cities. So we conduct research on technology of making energy from pruning and mowing waste, by a demonstration experiment adopting National Government Park as the model and an example analysis about various efforts to using woody biomass in urban areas.

### [研究目的及び経緯]

近年、地球温暖化への対応や大規模災害時の電力等の自立的な確保のため、都市における再生可能エネルギーの活用が求められている。また、公園整備等により都市の緑の確保が進む一方、公共施設に係る維持管理費の縮減が求められる中では、緑の管理にバイオマス供給という新たな価値を与えることが期待される。

本研究は、公園や街路樹等から毎年大量に発生し多くが焼却処分されている剪定枝・刈草等を再生可能エネルギーとして活用するための技術の確立、普及を目的とするものである。

### [研究内容]

平成 24 年度は、様々なエネルギー利用手法の活用可能性について事例分析等により検討するとともに、国営昭和記念公園及び国営みちのく杜の湖畔公園をフィールドとして想定した小規模ガス化発電技術の実証実験を行い、その性能や課題等を検証した。

以下に、それぞれの研究内容について記載する。

#### 1. 都市由来の植物廃材のエネルギー利用手法に関する検討

平成 24 年度には、基礎的なデータ収集のため、全国の直轄事務所（公園、道路、河川、ダム）を対象としたアンケート調査を行い、既往研究による知見とあわせて賦存量の推計を行うとともに、発生源となる施設類型ごとの特徴（季節変動、木質・草本の比率など）を整理した。また、都市由来の植物廃材の性質について、部種（枝部、葉部）や植物種（樹種、草本種）の違いに着目して品質分析を行い、結果について関連する木質バイオマス燃料の基準等と比較整理した。エネルギー利用手法については、独立行政法人独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）のデータベースやアンケート調査をもとに約 30 事例についてヒアリング調査を行い、木質バイオマスの保管や前処理、プラントの稼働や維持管理に係る現状及び課題、法規制への対応状況などを整理するとともに、複数の都市公園をモデルに各種技術の適用性についてケーススタディを行った。

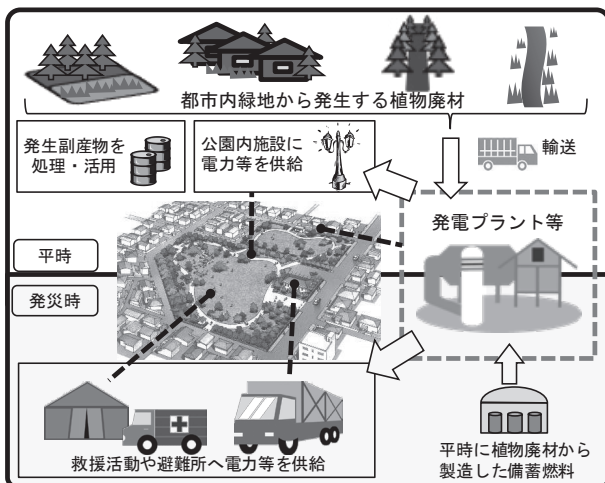


図-1 都市における植物廃材のエネルギー利用イメージ

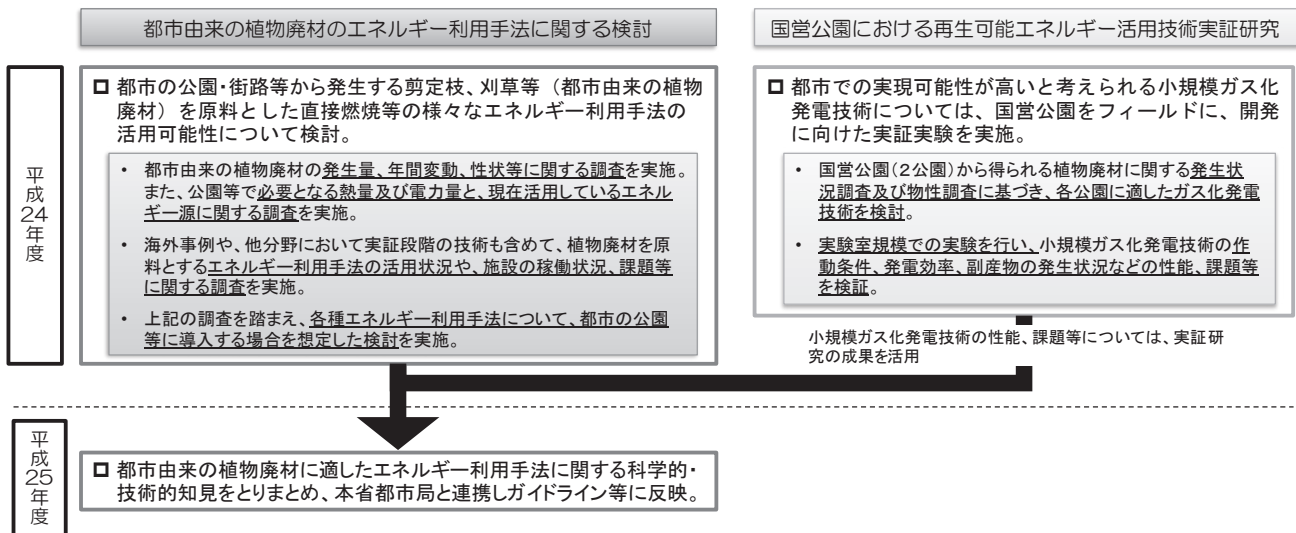


図-2 研究の全体フロー

## 2. 国営公園における再生可能エネルギー活用技術実証研究

1. の調査結果からも、都市公園における植物廃材のエネルギー利用として、「発電」はほとんど行われていない。要因としては、土地利用の稠密な都市に適した小規模発電技術の開発が進んでいないことが挙げられ、期待される実証段階の技術である熱分解ガスを用いた発電方式についても、副産物であるタールの処理といった課題が指摘されている<sup>3)</sup>。

そこで平成24年度には、図-3に示す2つの技術を対象とし、国営公園をフィールドとして想定した実証実験を行った。

結果として、ガス化発電自体では20%程度の効率を得ることができたものの、剪定枝や伐採木の前処理（チップ化や乾燥）のプロセスにおいて、より効率化を図ることが重要であることが示された。

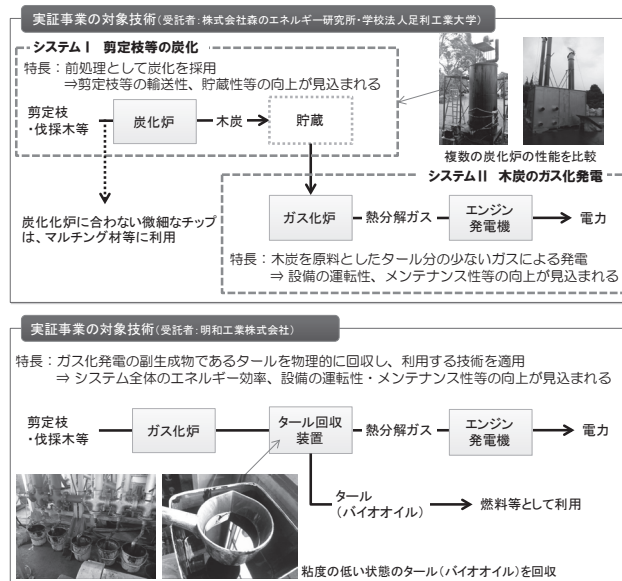


図-3 実証実験の対象とした技術とその特長

また、大規模公園であっても園内の植物廃材だけで常時発電を行うことは難しく、地域全体でエネルギー利用を考える必要があることも改めて判明した。

なお、実験結果の概要は、速報値として研究室HPに掲載するとともに、学会発表等を行っている<sup>4)5)</sup>。

### 【今後の予定】

現在、実証研究で課題とされた前処理（チップ化や乾燥）の改善、地域全体の木質バイオマス賦存量を踏まえた導入効果の試算について研究を行っている。一連の成果については「都市由来植物廃材のエネルギー利用手法等に関する技術資料（仮称）」としてとりまとめる予定である。

また、国土交通省都市局での都市における植物廃材のエネルギー利用に関するガイドライン等の検討に参加しており、これまでの実証実験等の成果・課題を適切に反映していきたいと考えている。

### 【参考文献】

- 1) 国土交通省都市局（2010）低炭素都市づくりガイドライン
- 2) 国土交通省（2013）国土交通白書 2013
- 3) 曾根直幸・山岸裕・栗原正夫（2013）都市における再生可能エネルギー活用の推進－都市の植物廃材の利用－，土木技術資料，55（1）：12-15.
- 4) 曾根直幸・山岸裕・栗原正夫・大場龍夫・河野良彦・根本康行（2013）：都市公園における木質バイオマスを活用したガス化発電に関する実証実験，日本造園学会関東支部大会事例・研究報告集，31：102-103.
- 5) 根本康行・大場龍夫・河野良彦・後藤真由美・曾根直幸（2013）公園剪定枝の炭化・ガス化発電システムに関する研究，太陽/風力エネルギー講演論文集，2013：547-550