
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 CO₂ 固定に関する研究
【試験研究費】 5
- 2) 都市緑化樹木の CO₂ 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】 11
- 3) 都市由来植物廃材の再生可能エネルギー利用における貯蔵、備蓄、品質確保に関する研究
【国営公園等事業調査費】 13

公共緑地における土壌のCO₂固定に関する研究

Research on CO₂ 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 CO₂ 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. Then, we had analyzed the amount of carbon in the soil for two years.

〔研究目的および経緯〕

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、外崎らが行った調査¹⁾により、東京都内の開設年度が異なる都市公園における土壌調査により、都市公園の土壌が二酸化炭素の吸収源であることを確認し、公園整備後概ね 20 年間の炭素蓄積速度を推計している。しかし、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。

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。

〔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・屋外試験区とも対照区として、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照区として 3 箇所程度設置した。

1.2 計測対象

1) 試料採取

各試験区及び対照区毎に、上部 (5cm)、中部 (15cm)、下部 (25cm) の土壌を Daiki の採土器 DIK-1601 を用いて、各調査区 2～3 箇所程度から計 300g 程度採取することとした。

試料採取は、降雨時及び降雨直後を避け、第 1 回目は 2012 年 10 月 29 日～11 月 2 日、第 2 回目は 2013 年 2 月 27 日～3 月 1 日、第 3 回目は 2013 年 9 月 4～5 日、第 4 回目は 2014 年 2 月 4～5 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、土壌環境分析法（博友社、土壌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）を行った。

4) 環境要因

環境要因として、屋内試験区では、気温の計測を行った。

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（ノシバ）、刈込区

試験区②：日本芝（ノシバ）、非刈込区

試験区③：西洋芝（センチピードグラス：暖地型）、刈込区

試験区④：西洋芝（センチピードグラス：暖地型）、非刈込区

試験区⑤：西洋芝（ケンタッキーブルーグラス：寒地型）、刈込区

試験区⑥：西洋芝（ケンタッキーブルーグラス：寒地型）、非刈込区

試験区⑦：無植栽区（対照区）

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。

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 月の毎月上旬に行った。

2) 試験区の設定

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/m²、ケンタッキーブルーグラスで 50ml/m²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した。また、除草

については、適宜行った。

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（ノシバ）、刈込区

試験区②：客土区、日本芝区（ノシバ）、非刈込区

試験区③：客土区、西洋芝区（センチピードグラス）、刈込区

試験区④：客土区、西洋芝区（センチピードグラス）、非刈込区

試験区⑤：客土区、無播種区（対照区）

繰り返しを 3 とし、15 区の試験区を設定した。

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、の毎月上旬に刈込を行った。

また、試験区以外の対照区として、対照区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

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/m²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、適宜行った。

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 程度の上部から、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

①草丈及び緑被率

・草丈

非刈込区の初年度では、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。2年目は、ノシバはその後も成長し、18cmくらいまで成長した。センチピードグラスとケンタッキーブルーグラスでは、横ばいであった。

刈込区の初年度は、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。2年目は、刈込を開始してから、どの草種も刈込高の3cm程度になっている。(図-1)

・緑被率

特に初年度は、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)

ノシバでは、張り芝で行ったため、観測期間当初より、高い緑被率を示していたが、初年度は、8月をピークに枯れが目立ち下降気味となった。2年目も6、7月をピークに枯れが目立ち下降した。

センチピードグラスは、初年度は、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。2年目も同様に9月をピークに下降した。

ケンタッキーブルーグラスは、初年度は7月にピークに横ばいとなったが、計測期間中の11月まで成長を

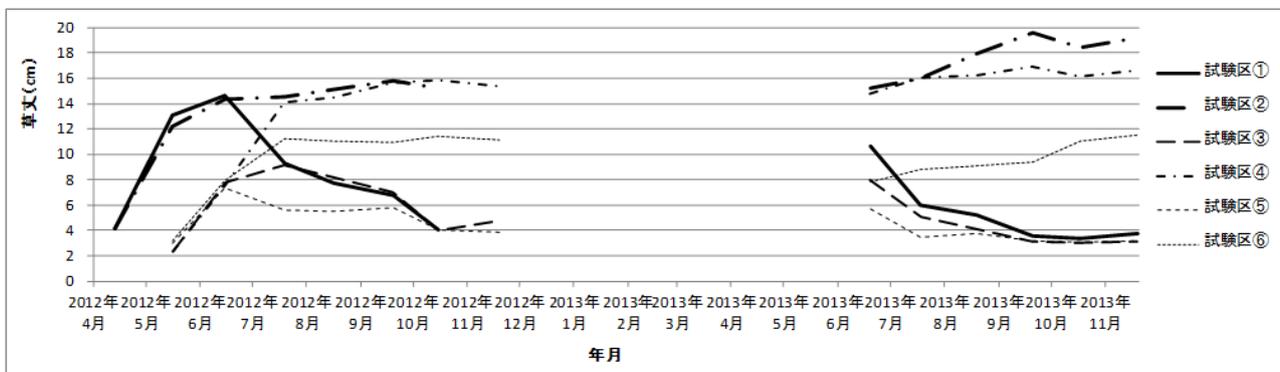


図-1 計測期間中の草丈の変化(屋内試験区：各試験区 n=19~30)

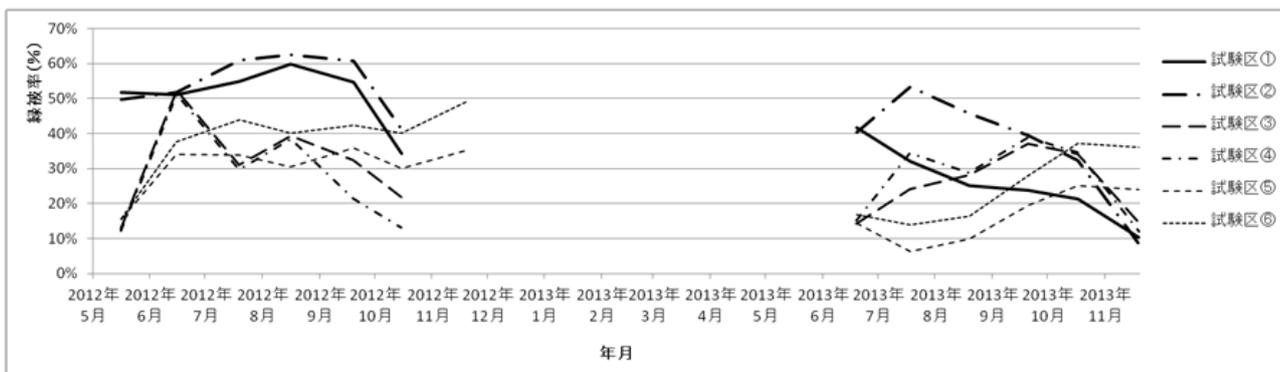


図-2 計測期間中の緑被率の変化(屋内試験区：各試験区 n=19~30)

表-1 計測期間中の植物体生長量の変化

(第1~4回:刈草、葉及び根 n=3、H24~25:n=21)

	植物体生長量(乾重)(g)																H24~25 ^{注)} 刈草
	第1回				第2回				第3回				第4回				
	刈草	葉	根	計	刈草	葉	根	計	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	8.5	9.4	13.5	31.4	8.0	8.1	11.9	28.0	8.7
試験区②		11.3	14.0	25.3		9.7	9.3	19.0		17.0	21.1	38.1		16.7	15.9	32.5	
試験区③	6.0	7.3	6.8	20.1	3.9	4.7	3.5	12.1	5.0	5.6	10.9	21.5	6.0	8.5	9.4	23.9	5.9
試験区④		8.8	7.4	16.2		6.6	3.9	10.5		17.1	15.6	32.8		30.4	20.6	50.9	
試験区⑤	1.7	1.2	2.6	5.5	2.0	0.8	2.3	5.1	1.9	1.4	5.4	8.7	1.7	2.1	9.2	13.0	1.5
試験区⑥		1.8	3.0	4.8		1.7	3.7	5.4		2.1	9.6	11.6		3.2	17.5	20.7	

注) H24~25の刈草は、第1回~第3回の調査個体を除く平均値

続けた、2年目は10月をピークに下降した。(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。

草種別では、刈草、葉及び根の合計で、1年目では、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月上旬に行ったため、枯死したためと考えられる。2年目の第4回目では、センチピードグラスの非刈込区、次にノシバの非刈込区の順に生長量が大きかった。第3回目の成長量と第4回目の成長量を比較すると、ノシバでは減少傾向にあったがセンチピードグラスの非刈込区及びケンタッキーブルーグラスでは増加した。ケンタッキーブルーグラスは寒地芝であるため、夏以降も成長が継続したことが理由として考えられる。(表-1)

2) 屋外試験区

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

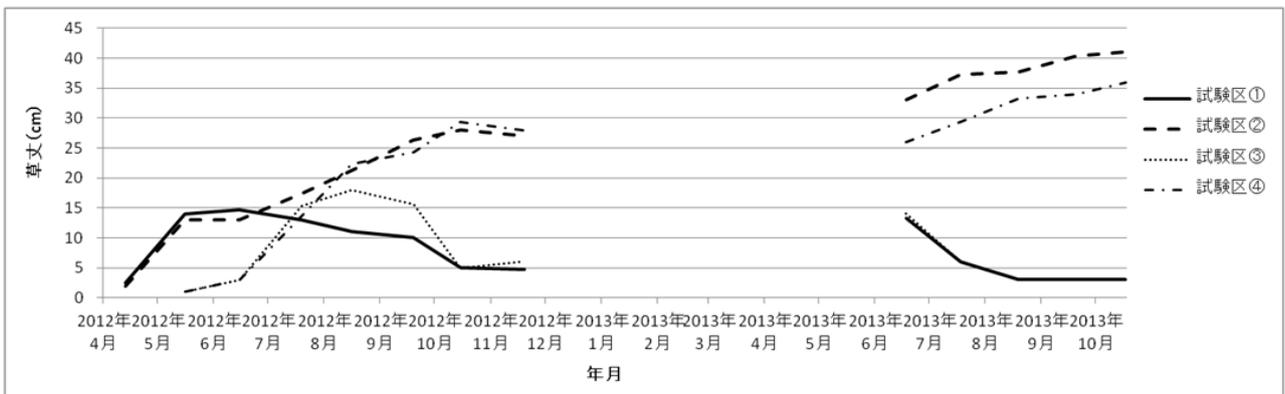


図-3 計測期間中の草丈の変化(屋外試験区：n=3)

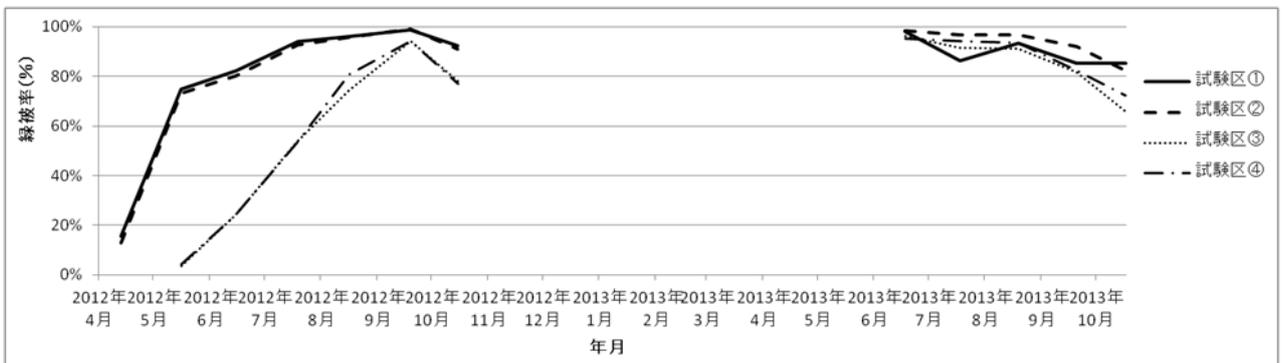


図-4 計測期間中の緑被率の変化(屋外試験区：n=3)

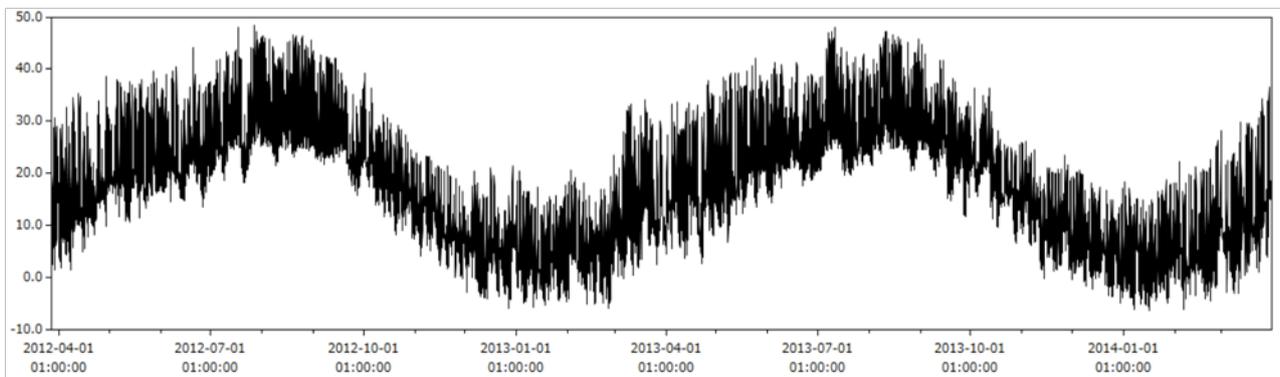


図-5 屋内試験区の気温の変化

表-2 土壌分析結果

		炭素(g/kg)				窒素(g/kg)				C/N比				PH				電気伝導率			
		1回目	2回目	3回目	4回目	1回目	2回目	3回目	4回目	1回目	2回目	3回目	4回目	1回目	2回目	3回目	4回目	1回目	2回目	3回目	4回目
屋内試験区	試験区①	72.1	71.7	73.2	72.9	4.4	4.4	4.3	3.9	16.4	16.2	17.2	18.8	6.0	5.8	5.7	6.0	12.0	11.2	13.3	10.7
	試験区②	72.2	72.3	73.1	73.7	4.4	4.5	4.3	3.9	16.3	16.0	17.0	18.9	6.0	5.8	5.6	6.0	12.4	11.2	14.7	10.6
	試験区③	72.4	71.4	73.5	73.6	4.4	4.5	4.4	3.9	16.6	16.1	16.8	18.9	5.9	5.8	5.7	5.9	11.8	9.2	14.3	9.6
	試験区④	73.2	72.1	73.5	73.2	4.4	4.5	4.3	3.9	16.5	16.1	17.0	18.6	6.0	5.8	5.6	5.9	11.3	10.7	15.6	10.0
	試験区⑤	78.0	76.0	78.0	77.5	4.7	4.7	4.6	4.2	16.5	16.1	16.8	18.6	5.9	5.7	5.5	5.8	14.1	10.3	16.9	12.4
	試験区⑥	79.4	75.9	78.0	77.0	4.7	4.6	4.6	4.3	16.7	16.3	16.9	18.0	5.9	5.7	5.5	5.8	12.4	10.8	16.6	10.8
	試験区⑦	73.1	71.1	72.8	70.0	4.5	4.4	4.4	3.9	16.3	16.0	16.7	18.1	5.9	5.8	5.5	5.9	17.7	11.8	23.1	11.6
屋外試験区	試験区①	77.6	73.6	76.2	76.5	4.8	4.6	4.5	4.3	16.3	16.0	16.8	18.0	6.0	5.8	5.6	5.9	5.4	4.2	4.4	3.4
	試験区②	77.0	75.8	76.3	75.8	4.7	4.8	4.6	4.2	16.3	15.8	16.6	17.9	6.0	5.7	5.6	5.8	5.5	4.8	5.0	3.8
	試験区③	75.1	73.5	75.4	76.2	4.6	4.6	4.5	4.2	16.4	16.0	16.7	18.0	6.1	5.8	5.6	5.9	5.5	4.2	4.0	3.7
	試験区④	76.5	74.0	75.1	75.0	4.8	4.6	4.5	4.2	16.1	16.1	16.8	18.0	6.0	5.8	5.6	5.8	5.1	4.3	3.1	4.1
	試験区⑤	77.9	74.5	75.4	75.7	4.8	4.6	4.5	4.2	16.4	16.0	16.7	18.0	5.9	5.7	5.5	5.8	6.2	4.6	4.3	3.9
	対照区①	22.8	31.7	34.4	27.4	1.8	2.5	2.5	1.7	13.2	13.0	14.2	20.2	6.5	6.2	5.8	6.1	5.9	3.9	3.0	4.3
	対照区②		34.6	33.3	24.3		3.1	2.6	1.7		11.0	12.7	15.6		6.6	6.2	6.9		5.6	6.3	6.0
対照区③		25.6	25.3	35.4		2.3	1.7	2.3		10.9	15.3	16.7		6.9	6.3	6.9		5.5	5.0	6.7	

注1) 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。屋外試験区の対照区は3深度のn=3。
 注2) 各実験区は土壌深度別、繰り返しの平均。屋外試験区の対照区②及び③は、2回目から実施

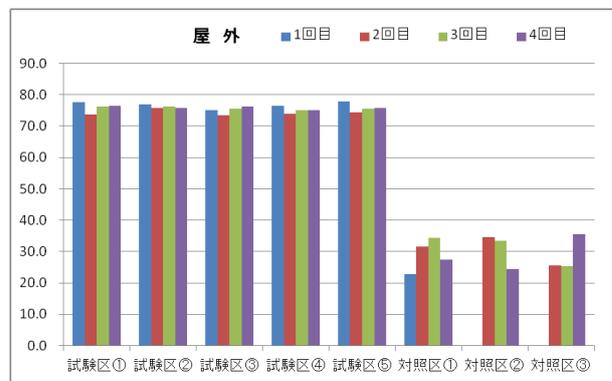
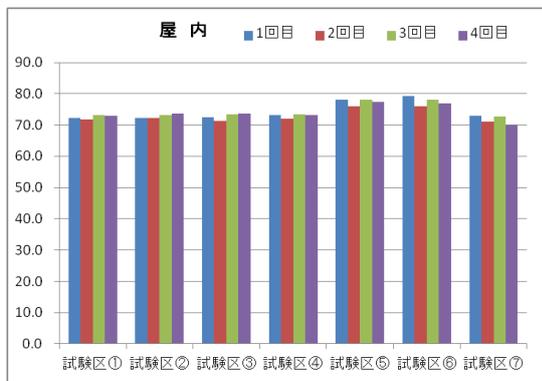


図-6 土壌分析結果 (全炭素)

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、1年目は、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。2年目では、計測開始の6月では、どの試験区も緑被率が100%に近かったが、その後低下した。(図-4)

3.2 屋内試験区の気温の変化

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-6.3℃であった。

3.3 土壌の化学性 (表-2)

①pH

pHは、屋内、屋外試験区とも、屋外試験区の対照区は除き、第1回は5.9~6.1、第3回は5.5~5.7と通常の植物の生育適正範囲内で、ばらつきは少なかった。第1回目から第3回目にかけてPHが低下した。ただし、第4回目は、5.8~6.0とpHは上昇した。

②電気伝導率 (EC)

ECは、屋内試験区では、第1回目は11.3~17.7(mS/m)、第2回目は9.2~11.8(mS/m)、第3回目は13.3~23.1(mS/m)、第4回目は9.6~12.4(mS/m)であった。また、第1回目~第2回目、第3回目~第4回目にかけて減少した。

屋外試験区では、対照区を除き、第1回目は、5.1~6.2(mS/m)、第2回目は4.2~4.8(mS/m)、第3回目は3.1~5.0(mS/m)、第4回目は3.4~4.1(mS/m)であった。こちらも第1回目から第2回目、第3回目から第4回目にかけて減少した。

屋内試験区、屋外試験区とも施肥をしていないためか、特に屋外試験区では養分不足の傾向にあった。屋内・屋外試験区とも第1回~第2回、第3回~第4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、図-6)

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⁶⁾と比較しても高い数値となった。屋内試験区では、試験区②を除き、第1回目に比較し第2回目、第3回目に比較し第

4 回目が減少する傾向にみられた。これは季節による変動と考えられる。屋外試験区では、対照区を除き、第 1 回目に比較し第 2 回目では減少しているが、第 3 回目では増加、第 4 回目では横ばい又は増加している。屋内試験区では、季節的な変動以外には明確な増減はわからなかったが、屋外試験区では、第 2 回目での減少以降、微増傾向にあるように見られた。

全窒素では、屋内・屋外試験区の試験区とも窒素含有率が 4.0～5.0 g/Kg と良好であった。屋内試験区及び対照区を除く屋外試験区ともに一部第 1 回目から第 2 回目にかけて増加している試験区もあったが、第 2 回目以降はすべての試験区で減少傾向となった。

C/N 比では、屋内試験区及び対照区を除く屋外試験区ともにすべての試験区で 15～20 の数値で、第 2 回目には減少したが、その後、第 3 回目、第 4 回目と増加した。ただし、屋外試験区の対照区でも、対照区 1 では同様の傾向を示し、対照区 2、3 でも第 2 回目からの計測ではあるが、第 3 回目、第 4 回目と増加した。

[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 CO₂ 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, 椰野良明 (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

都市緑化樹木の CO₂ 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 CO₂ fixed by planted trees in cities
(研究期間 平成 23~27 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 武田 ゆうこ
Senior Researcher Yuko TAKEDA

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 CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ 固定量の算定を行うための研究を行っている。

[研究内容]

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、機器の設置方法等を変えて測量を行い、検証木を伐採して測量の精度を検証したうえで、樹木の CO₂ 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 次元測量方法の選定

測量機器及びモデリングソフトについては、前年度に検討を行い、複雑な形状と空間的な広がりを持つ樹木の形状を測量する方法として最適と判断した 3 次元レーザー scanner (FARO Laser Scanner Focus 3D) を、データ処理ソフトは RAPIDFORM を選択した。

2. 調査対象木の選定

関東地方平野部に生育する自然樹形に近く健全な樹齢 15~55 年程度のソメイヨシノ (3 本)、マテバシイ (3 本)、トウカエデ (4 本) を調査対象木として選定した。(表-1)

3. 精度の検証

測定点数、測定環境 (気象条件等)、測定者及びモデリング実施者の熟練度の影響により誤差が発生することを想定して、これらの条件を変えて計測及びモデリングを実施し、誤差の検証を行った。

1. で選択した方法で検証木 (ソメイヨシノ : 樹齢 32 年、樹高 10.4m、マテバシイ : 樹齢 28 年、樹高 10.2m、トウカエデ : 樹齢 51 年、樹高 10.5m) 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樹木の体積を算出し、検証の基準値とした。

測定者及びモデリング実施者の熟練度別の推定体積と、伐採して実測した体積を比較した結果は表-2 のとおりである。なお、ソフトで自動算出したものを自動モデル、人手で補正したものを手動モデルとした。

表-2 実測値とモデル体積の比較

実測値	モデル体積					
	12測点					
	自動モデル+手動モデル(熟練者)		自動モデル+手動モデル(初心者)		自動モデル限界	
	ハターン② 熟練者設置	ハターン① 初心者設置	ハターン① 初心者設置	ハターン① 初心者設置	ハターン② 熟練者設置	
ソメイヨシノ	1,200,020	1,315,030 110%	1,346,614 112%	1,155,997 96%	708,295 59%	704,208 59%
マテバシイ	1,629,987	1,630,228 100%	1,635,467 100%	1,459,040 90%	1,005,441 62%	1,014,409 62%
トウカエデ	948,001	744,851 79%	715,655 75%	680,447 72%	554,187 58%	571,416 60%

測定者の熟練度による機器設置箇所の相違がもたらす差は小さかったが、手動モデル化では初心者において読み取りデータが不足する結果となった。なお、トウカエデは、隣接木の影響による枝部データの欠損が大きく、1 割以内の精度を確保できてなかった。

4. 樹木形状の三次元測量及びモデル化

検証結果を踏まえ、熟練者による機器設置とモデリングにより、調査対象木の測量及びモデル化を行って体積を算出した (表-3)。

過年度業務における計測データも加えた、胸高周-体積、推定乾重の関係を図-1 に示す。

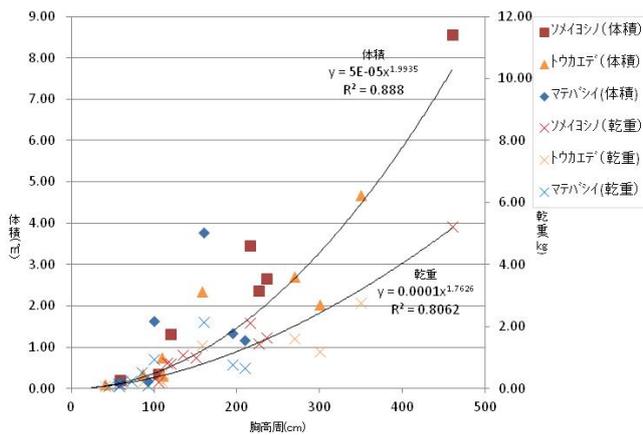


図-1 胸高周と体積、乾重の関係

[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.
- 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.

表-1 調査対象木

樹種名	①ソメイヨシノ	④ソメイヨシノ	ソメイヨシノ(検証木)	②マテバシイ	③マテバシイ	
写真						
所在地	都立大島小松川公園	都立狭山公園	富士植木苗圃	都立大島小松川公園	富士植木苗圃	
生育状況	良好	良好	良好	良好	良好	
管理状況	下層枝の伐採等の剪定履歴あり	下層枝の伐採等の剪定履歴あり	公園と比較して剪定は少なく自然樹形に近い。葉の付着がみられる。	下層枝の伐採等の剪定痕跡が多くみられる	公園と比較して剪定は少なく自然樹形に近い	
樹木の経歴・推定樹齢	胸高直径から推定した樹齢15年	胸高直径から推定した樹齢55年	樹齢32年	胸高直径から推定した樹齢20年	胸高直径から推定した樹齢55年	
樹高 (m)		6.4	10.1	10.4	5	11.2
胸高周 (cm)		59	216	120	58	160
胸高直径 (cm)		19	69	38	18	51
樹種名	⑤トウカエデ	⑥トウカエデ	⑦トウカエデ	トウカエデ(検証木)	マテバシイ(検証木)	
写真						
所在地	都立狭山公園	駒沢オリンピック公園	駒沢オリンピック公園	富士植木苗圃	富士植木苗圃	
生育状況	良好	良好	良好	良好	良好	
管理状況	比較的剪定は少なく自然樹形に近い	下層枝の伐採等の剪定履歴あり	下層枝の伐採等の剪定履歴あり	公園と比較して剪定は少なく自然樹形に近い	公園と比較して剪定は少なく自然樹形に近い	
樹木の経歴・推定樹齢	胸高直径から推定した樹齢15年	胸高直径から推定した樹齢30年	胸高直径から推定した樹齢55年	樹齢51年	樹齢28年	
樹高 (m)	8.1	7.9	13.4	12.5	10.2	
胸高周 (cm)	41	86	158	109	100	
胸高直径 (cm)	13	27	50	35	32	

表-3 調査対象木の体積の算出

樹種	樹齢 (年)	樹高 (m)	胸高周 (cm)	幹の割合 (%)	枝の割合 (%)	体積(cm ³)			誤差比率	
						自動+手動				実測
						全体	幹	枝		
ソメイヨシノ①	15	6.4	59	46.8%	53.2%	184,789	86,458	98,331	-	-
ソメイヨシノ④	55	10.1	216	31.0%	69.0%	3,439,113	1,066,220	2,372,893	-	-
ソメイヨシノ(検証木)	32	10.4	120	38.2%	61.8%	1,315,030	502,042	812,988	1,200,020	91%
マテバシイ②	20	5.0	58	68.5%	31.5%	125,350	85,879	39,471	-	-
マテバシイ③	55	11.2	160	25.4%	74.6%	3,752,404	952,751	2,799,653	-	-
マテバシイ(検証木)	28	10.2	100	18.9%	81.1%	1,630,228	307,603	1,322,625	1,629,987	100%
トウカエデ⑤	15	8.1	41	41.7%	58.3%	92,876	38,692	54,185	-	-
トウカエデ⑥	30	7.9	86	67.7%	32.3%	344,496	233,289	111,207	-	-
トウカエデ⑦	55	13.4	158	47.8%	52.2%	2,331,414	1,115,569	1,215,845	-	-
トウカエデ(検証木)	51	12.5	109	62.7%	37.3%	744,851	466,738	278,113	948,001	127%

都市由来植物廃材の再生可能エネルギー利用における貯蔵、備蓄、品質確保に関する研究

(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)

Research on safekeeping, storage and quality assurance in the process of making renewable energy from pruning and mowing waste in cities

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

(研究期間 平成 24～25 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
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 an example analysis about various efforts to using woody biomass in urban areas. In FY2013 we especially research on the method of safekeeping, storage and quality assurance in the process of making energy.

[研究の目的及び背景]

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¹⁾²⁾。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 25 年度には、国営公園をフィールドとした実証研究³⁾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効率的な収集方法等について検討を行い、一連の成果をもとに「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」⁴⁾をとりまとめた。技術資料の概要を図-3 に示す。本稿では平成 25 年度に行った調査研究の概要を紹介する。

1. 地域スケールに応じた植物廃材等の利用可能量の試算及び有効な収集方法の検討

国内 2 地域をモデルケースとし、植物廃材等の利用可能量、エネルギー需給規模に対する収集範囲、有効な収集方法について検討した。

対象とする植物廃材は、家庭系剪定枝、事業系剪定枝（公園剪定枝、街路樹剪定枝、果樹剪定枝）、廃材系（建築廃材、新・増築廃材、国産材製材廃材、外材製材廃材）、森林系（林地残材、切捨て間伐材、里山管理間伐材、タケ）とした。エネルギー需給規模は、公園内施設、災害時避難施設、公園周辺の住宅（500 世帯）の電力・熱需要を対象とし、規模の大きさに応じた必要エネルギーを設定した。

大都市圏郊外部に位置するケースでは、建築廃材を中心とする廃材系の利用可能量が多く、これらをメインに、事業系・家庭系剪定枝を組み合わせた植物廃材

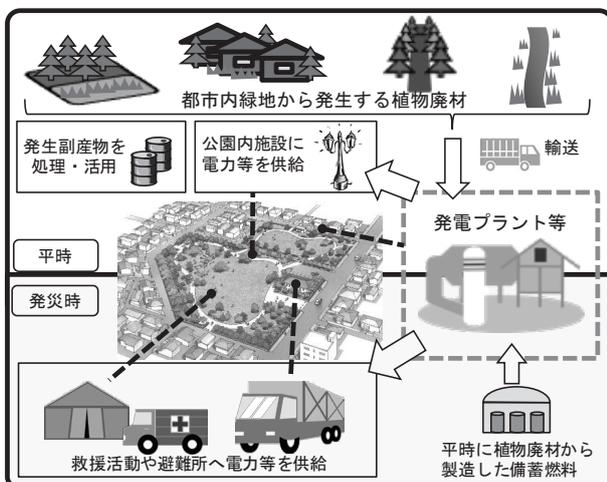


図-1 都市における植物廃材のエネルギー利用イメージ

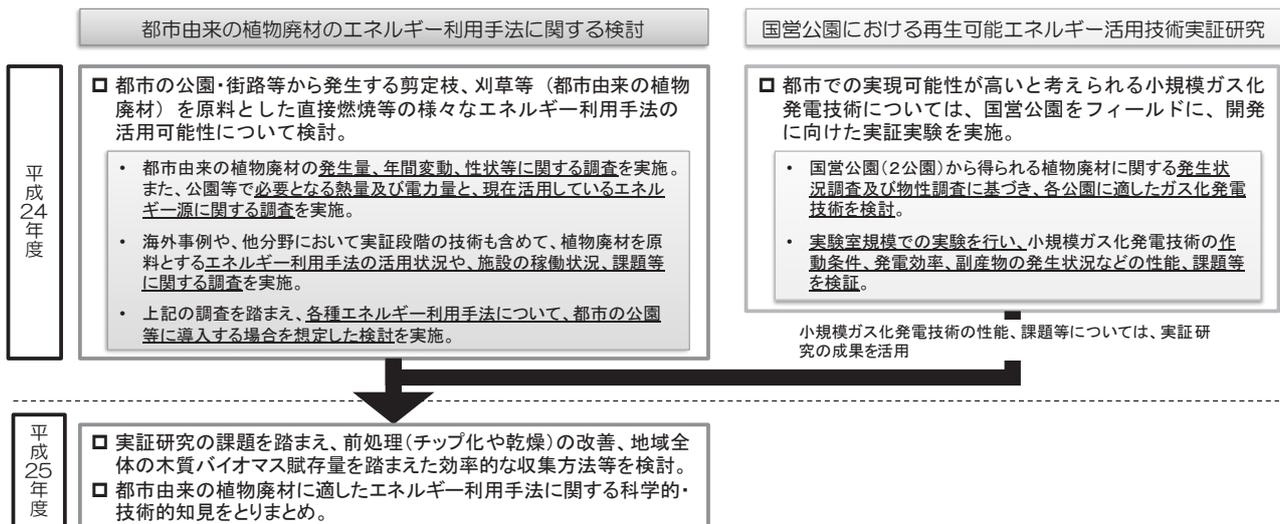


図-2 都市における植物廃材のエネルギー利用手法に関する研究の全体フロー

であれば、自治体単独または圏域内で、設定したエネルギー需給規模に対応可能と試算された。廃棄物処理関係との整理が課題である。

農山村地域を想定したケースでは、森林・里山管理由来の間伐材を中心とする森林系の利用可能量が多く、これらをメインに、事業系剪定枝や廃材系を組み合わせた植物廃材であれば、自治体単独または一部圏域を含めた範囲で、設定したエネルギー需給規模に対応可能と試算された。山林からの集材コストが課題である。

2. 公園における植物廃材の保管及び品質確保に関する調査

公園等で利用可能と考えられる中小規模の木質バイオマスを利用したエネルギー利用機器で、国内で導入実績がある「チップボイラー」「薪ボイラー」「ペレットボイラー」「薪ストーブ」「ペレットストーブ」「ガス化発電設備」について、機器仕様とそれぞれで利用可能な木質バイオマスの品質（粒径、含水率など）を取りまとめ、公園における植物廃材の保管方法を検討した。

【参考文献】

- 国土交通省都市局（2010）低炭素都市づくりガイドライン
- 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。
- 曾根直幸・山岸裕・栗原正夫・大場龍夫・河野良彦・根本康行（2014）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技術の導入可能性に関する研究，ランドスケープ研究，77（5）：693-696。
- 国土技術政策総合研究所防災・メンテナンス基盤研究センター緑化生態研究室（2014）：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

序章

序.1 本技術資料について
序.2 本技術資料の構成

第1章 都市由来植物廃材の発生量

文献調査及び自治体へのヒアリング等により、全国での都市由来植物廃材発生量を推計した。また、その結果も踏まえ、国内2地域で発生量及びエネルギー利用可能量の試算を行った。

1.1 全国直轄事務所アンケート調査
1.2 全国における都市由来植物廃材の発生量推計
1.3 植物廃材の利用可能量収集方法に関する検討例

第2章 都市由来植物廃材の性質

木質バイオマス固形燃料の市場流通時における基準等を整理した上で、都市由来植物廃材の特性に関する文献調査及び剪定枝葉等の品質分析を行い、燃料としての適性及び留意点についてとりまとめた。

2.1 木質バイオマス燃料の種類及び基準
2.2 都市由来植物廃材の木質バイオマス燃料としての特徴

第3章 エネルギー利用手法

木質バイオマスの固形燃料化の際に必要な前処理技術及び固形燃料化技術、エネルギー転換技術についてとりまとめ、エネルギー利用の事例を踏まえて、取り組みを進める上での課題を整理した。

3.1 対象とするエネルギー利用技術
3.2 前処理及び固形燃料化技術
3.3 エネルギー転換技術
3.4 市販のエネルギー転換機器における燃料仕様特性
3.5 都市由来植物廃材のエネルギー利用の事例
3.6 都市由来植物廃材のエネルギー利用における課題

第4章 公園等での植物廃材のエネルギー利用

公園等においてエネルギー利用を始める場合を想定し、公園内で発生するエネルギー需要調査を行い、関連法規も踏まえ、気候等の立地条件に対応したエネルギー利用のケーススタディを実施した。

4.1 従来型の緑のリサイクル手法
4.2 災害時における植物廃材エネルギー利用の実態
4.3 エネルギー利用の際の加工、保管及び品質確保
4.4 関連法規
4.5 都市公園におけるエネルギー需要
4.6 公園等でのエネルギー利用に関するケーススタディ

資料編

図-3 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の概要