

「緑のリサイクル」に着目した低炭素・循環型の都市公園整備に関する研究

A Study on Design and Management of Low-Carbon-Emission and Recycling Urban Parks Focusing "Green Recycling"

吉川 龍之介* 市村 恒士**

Ryunosuke YOSHIKAWA Koji ICHIMURA

Abstract: The purpose of this study is to examine the direction of park design and management on the basis of a quantitative evaluation of the carbon cycle in an urban park, in order to develop a low-carbon-emission and recycling urban park focusing "Green Recycling". Actually, we collected data related to the flow and amount of carbon in an urban park, in order to construct a carbon cycle model by system dynamics. The results are as follows: 1) In the study park under present conditions, the carbon recycling rate was 100%. 2) It is possible to predict the change in the amount of carbon in the study park using the constructed carbon cycle model. 3) The annual amounts of carbon in 30 years are 18,826 [kg-C/year] (recycling rate=0%), 22,364 [kg-C/year] (recycling rate=50%), and 25,903 [kg-C/year] (recycling rate=100%). 4) "Green Recycling" is useful for developing a low-carbon-emission urban park. 5) It is important to consider the park design and management balance of both recycling rate and processing capacity. 6) It is important to discuss landscape planning that considers low-carbon-emission and recycling, including the role of the community.

Keywords: Green Recycling, Urban Park, Planning and Design of Park, Carbon Cycle, System Dynamics

キーワード: 緑のリサイクル, 都市公園, 公園の整備計画, 炭素循環, システムダイナミクス

1. はじめに

近年のパークマネジメントの議論では、指定管理者等が都市公園等の新たな価値の創造を行うこと等が課題となっており、例えば、環境問題への対応を目標としたパークマネジメントの展開も期待されている。そのようなパークマネジメントにおいては、土地利用計画や植栽計画、維持管理計画等の相違による環境問題への効果、影響を定量的に評価しつつ、コストやその他の機能のバランスを考慮しながら、公園整備のあり方を検討することが求められる。

このような中、地球温暖化問題の解決に向け、都市の公園・緑地についても、その緑地内に植栽されている樹木の幹や根等の材部への二酸化炭素（以下、CO₂）吸収・固定や、土壌への炭素の蓄積の効果に基づいた低炭素型の社会形成への寄与が期待されている¹⁾²⁾。また、都市公園等では、発生した植物性廃棄物をチップ化・堆肥化する「緑のリサイクル」が実施されており、これによる循環型の社会形成への寄与が期待される。また、「緑のリサイクル」は、樹木から発生する剪定枝を木チップ化し、それに伴って適切かつ継続的に管理することによる樹木のCO₂吸収固定を持続させる効果や、剪定枝や芝刈草を有効利用し、堆肥として活用することにより、それらを焼却処分によって排出するCO₂の排出速度を抑制し、土壌への炭素の蓄積量の向上させる効果があり、低炭素型の社会形成への寄与促進も期待される。

ここで、低炭素・循環型に寄与する都市公園整備に関する基本的な考え方を整理すると、炭素の「吸収固定の流れ」を促し、都市緑地の樹木や土壌等への吸収・固定及びストック量を増加させる「土地利用計画」、「植栽計画」や、炭素の「排出の流れ」である植物性廃棄物の焼却処分を抑制し、バイオマス資源として「緑のリサイクル」を実施することで炭素の「排出の流れ」を抑制する「維持管理計画」等の検討が求められる。そのためには、都市公園における炭素循環を把握し、植栽や維持管理の実施による将来的な都市公園の炭素循環の時間経過による変動等を定量的に評

価すること等が求められる。

これまでの関連する既往研究では、樹木や土壌を中心に、様々な都市緑地を対象とした炭素循環に関する研究が行われている。樹木のCO₂吸収固定効果や³⁾、土壌の炭素ストック量の炭素の「吸収固定の流れ」に関する研究⁴⁾、リターの発生量等の炭素の「移動の流れ」に関する研究⁵⁾、土壌呼吸や植物性廃棄物の発生量等の炭素の「排出の流れ」に関する研究⁶⁾⁷⁾が実施されてきた。また、その他の既往研究⁸⁾においては、都市全体の緑地（都市公園及び街路樹）を対象に炭素循環を総括的に捉え定量的に評価した事例はみられるものの、実在の都市公園を対象に「緑のリサイクル」を中心とした炭素循環を定量的に評価し、低炭素・循環型の都市公園整備のあり方について検討した研究はみられない状況である。

そこで本研究では、都市公園における「緑のリサイクル」の現状把握と、炭素循環モデルを構築し定量的に評価すること、「緑のリサイクル」に着目した低炭素・循環型の都市公園整備の可能性について検討することを目的とする。

2. 研究の方法

(1) 評価対象公園の選定及び炭素循環の整理

まず、本研究における評価対象公園として、札幌市の総合公園である「百合が原公園」を選定した。これは、百合が原公園が、環境に配慮した公園管理の基本的な対策として「緑のリサイクル」を実施していることから、評価の対象とする都市公園としては適していると考えられたためである。当公園では、植物の健康を維持するための剪定枝・芝刈草・落ち葉等を利用した木チップや堆肥の自給を行っており、環境に配慮しながら、公園の快適さや園芸植物の栽培を維持する持続可能な運営・管理を目指している。

次に、本研究では、評価対象公園における「緑のリサイクル」や「土地利用」の現状を把握し、炭素のフローとストック^{注1)}を区別しながら、評価対象公園の炭素循環についての整理を行った。

*室蘭工業大学大学院工学研究科環境創生工学系専攻 **室蘭工業大学大学院工学研究科くらし環境系領域

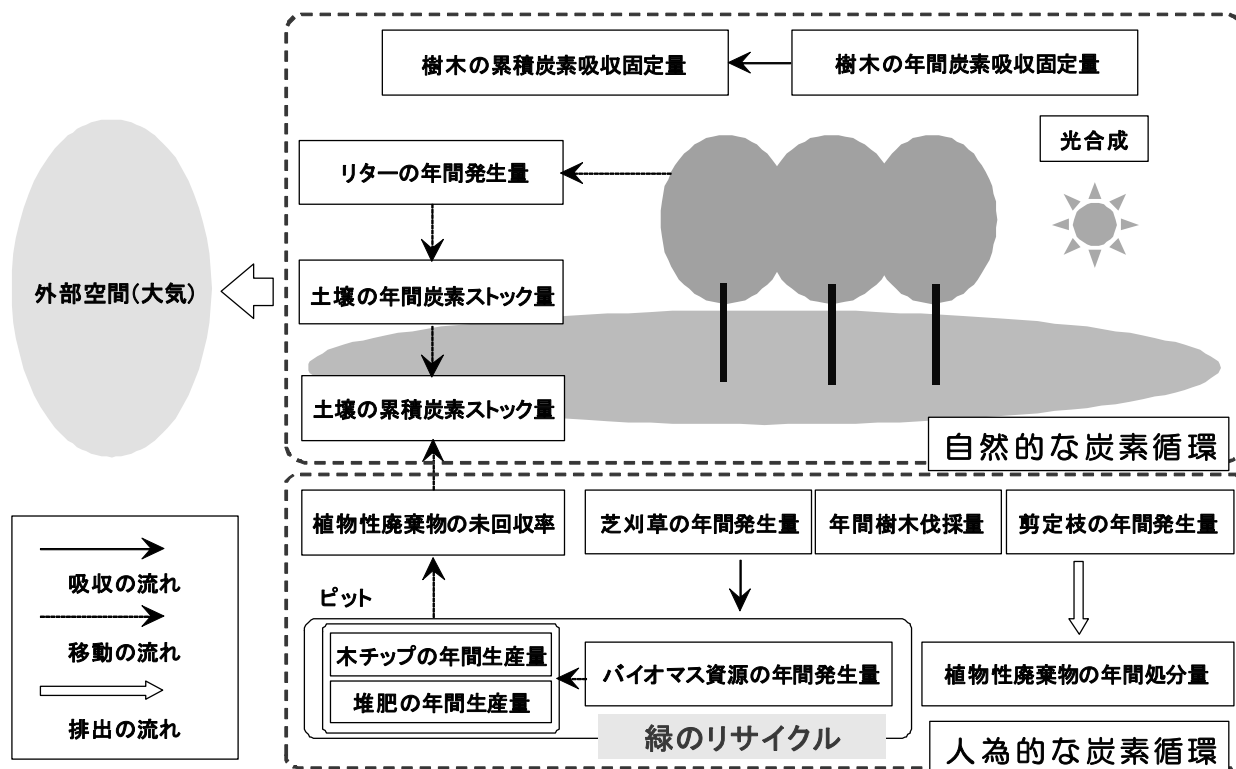


図-1 本研究の評価対象公園における炭素循環の考え方

(2) 評価対象公園の炭素循環モデルの構築

まず、評価対象公園の炭素循環に基づき、炭素循環の炭素のフロー及びストックに関わるインプット項目（炭素循環に影響を与える項目）を変数として取り入れた炭素循環のモデルの構築を行った。炭素循環モデルの構築にあたっては、システムダイナミクスを用いた。この手法の特徴として、不確実な要素や線形モデルを組み込むこと、相互の関連性の要因のフィードバックが可能であること⁹⁾、数値の時間経過の追跡が可能であること、専門家だけでなく理解が容易であることが挙げられる。さらに、シミュレーションの予測の対象となる変数に対して、その変数が、複雑な構造システムの中で、時間経過を伴い何が起きるかを表す、あるいはシステムの振る舞いを見るのが可能である¹⁰⁾。つまり、設定した変数が「どのような動きを示すか」「どのように変化していくのか」を簡単に追跡することが可能なツールである。

都市公園の炭素循環の各特性からこれらの特徴を整理すると、以下のような優位性が挙げられる。「相互の関連性のフィードバックが可能」に関しては、都市公園の炭素循環を把握する時に、部分的な要素の情報しか把握できないのを解決できる点が挙げられる。また、「数値の時間経過の追跡が可能」に関しては、樹木のCO₂吸収固定量が、その樹木の成長（経年変化）によって変動するという点が挙げられる。さらに、「専門家だけでなく理解が容易であること」に関しては、都市公園における複雑な炭素循環が簡易的なモデルで表現可能になる点や、管理者のマネジメントの助長になる点（例えば、計算を省略可能）等が挙げられる。このような優位性を持つことから、本研究において都市公園の炭素循環のモデルを構築する際には、システムダイナミクスを用いることとした。

なお、本研究における炭素循環モデルの構築及び実行するソフトには、「STELLA (isee system 社)」を使用した。

次に、モデルのインプット項目となる、評価対象公園における現状の「緑のリサイクル」に関わる植物性廃棄物の発生量¹⁰⁾や土

表-1 炭素循環モデルに設定するインプット項目と使用した値

No.	項目名	使用した値	備考
1	芝刈草の発生量	1,700 kg-C/ha	炭素換算・引用文献(11)(12)
2	剪定枝の発生量	2,522 kg-C/ha	炭素換算・引用文献(11)(12)
3	樹木伐採量	100 kg-C/ha	炭素換算・引用文献(11)(12)
4	芝生地面積	2,0555 ha	
5	樹林地面積	7,0957 ha	3. 3)で数値を変化
6	バックヤード及びピット面積	0,5142 ha	
7	リターの発生量	1,200 kg-C	引用文献(10)
8	木チップの生産率	36.3%	木チップ及び堆肥の生産比
9	堆肥の生産率	63.7%	木チップ及び堆肥の生産比
10	芝刈草の処分量	0%	
11	剪定枝の処分量	0%	
12	樹木処分量	0%	
13	リターの土壌蓄積率	100%	
14	木チップの利用率	100%	
15	堆肥の利用率	100%	
16	バイオマス資源の利用率	100%	木チップ及び堆肥の利用率
17	植物性廃棄物のリサイクル率	0~100%	3. 2)で数値を変化
18	土壌の年間炭素分解量	注3)	引用文献(13)(14)
19	樹木のCO ₂ 吸収固定量	経過年数によって変化	炭素換算・引用文献(15)

No.1-17はヒアリング調査で得られた数値

表-2 評価対象公園における土地利用

土地利用	実数値 (㎡)	割合 (%)
樹林地	70,957	28.03
芝生地	20,555	8.12
バックヤード及びピット	5,142	2.04
ユリ花壇	10,470	4.14
その他花壇	15,432	6.10
その他	130,584	51.57
合計	253,140	100

地利用に関わる面積率等のデータを、百合が原公園事務所へのヒアリング調査により収集した。実際には、炭素循環モデルの構築に必要な「都市公園面積」、「植物性廃棄物の発生量」、「植物性廃棄物の処分量」、「木チップや堆肥の生産量」、「木チップや堆肥の利用量」、「植物性廃棄物のリサイクル率」等のデータ(表-1)を収集した^{注4)}。ヒアリング調査において把握したデータは、平成24~25年度分のものであり、この2年間の平均値を使用した。これらのインプット項目と炭素循環との関連を踏まえ、評価対象公園における炭素循環へ与える影響を把握した。また、整理した評価対象公園における炭素循環を踏まえながら、炭素のフロー及びストックに関わるインプット項目を組み合わせ、評価対象公園の炭素循環に基づいたモデルを構築した。なお、本研究で構築した炭素循環モデルは、公園内外の炭素移動を考慮に入れない閉鎖的なモデルとした。

さらに、モデルの実行結果に対して、全ての植物に関する量を炭素量として表現するため、植物性廃棄物の発生量等のデータを炭素換算した。炭素換算の方法としては、植物性廃棄物の湿潤重量[m³]に樹種ごとの容積密度[kg/m³]と含水率を掛けることによって算出した。容積密度の値は、「百合が原公園」の公園管理事務所へのヒアリング調査によって、園内に植栽されている樹木(針葉樹と広葉樹で分類し、さらに樹種で分類)を把握し、文献調査¹¹⁾によってそれぞれ得られた値を平均化したものを使用することとした。また、本研究では文献¹²⁾を参考に、剪定枝、芝刈草、樹木(園内で発生する丸太等)の炭素含有率はすべて0.5として算出した。含水率については剪定枝及び樹木は0.6、芝刈草は0.8¹²⁾として算出した。なお、炭素循環モデルの定量的な評価における実行結果の単位は、年間の炭素ストック量は[kg-C/year]、累積の炭素ストック量は[kg-C]とした。

(3) 炭素循環モデルの実行

構築した炭素循環モデルのインプット項目に、収集した評価対象公園における現状のデータ(表-2)を入力し、炭素循環モデルを実行することで、経過年数30年間の年間炭素ストック量の定量的な評価を行った。なお、評価対象期間を経過年数30年までとしたのは、炭素循環のモデルのインプット項目を使用した先行研究¹⁵⁾における「樹木のCO₂吸収固定量」のデータが、対象期間が30年間であったためである。

なお、本研究では、「現状の炭素循環」に加え、「1.はじめに」で整理した低炭素・循環型に寄与する都市公園整備の基本的な考え方を踏まえ「リサイクル率の変更」、「土地利用計画の変更」を評価軸^{注5)}として捉え、「リサイクル率の変化による炭素循環」「土地利用計画を考慮した炭素循環」の3つのモデルを実行し考察を行った。

また、得られた結果を踏まえ、「緑のリサイクル」がもたらす有効性を示し、「緑のリサイクル」に着目した低炭素・循環型の都市公園整備の可能性についての検討を行った。

3. 結果及び考察

(1) 評価対象公園の概要

評価対象公園における「緑のリサイクル」の現状について整理した結果、植物管理において、コストダウンや省資源等を図るための事業として「緑のリサイクル」を実施し始め、樹林地や芝生地から発生する植物性廃棄物をピットへ運搬し、そこでリサイクル(チップ化、堆肥化)した後、散策路のマルチング材や植物の堆肥として再利用していること、公園内における植物性廃棄物のリサイクル率は100%であること等が把握された。

また、公園外からの植物性廃棄物の受け入れや、堆肥についての研究等も実施しており、地域における環境保全の拠点施設ともなっている。札幌市においては、「緑のリサイクル」の観点からみ

ると、百合が原公園はこれらの植物性廃棄物の受け入れ及び大規模な植物性廃棄物の処理能力を持ち合わせており、環境配慮型の都市公園として重要な位置づけにあると考えられる。

(2) 評価対象公園の炭素循環モデルの構築

都市公園における炭素循環に関しては、樹木の光合成作用により大気中のCO₂を材部へ吸収固定する炭素の「吸収固定の流れ」、自然に生じる植物体からのリターの発生による土壌への炭素の「移動の流れ」、土壌の分解作用による大気中への炭素の「排出の流れ」等が考えられる(図-1)。自然的な炭素循環の側面では、樹木のCO₂吸収固定効果やリターの発生による土壌への炭素の移動の過程、人為的な炭素循環の側面では、植物性廃棄物の発生に伴い、焼却処分またはリサイクルを実施するかを判断する炭素の排出の過程が炭素循環の評価を左右すると考えられる。これらを踏まえながら、評価対象公園の「植物性廃棄物の発生量や公園面積」及び「リサイクル率」等の炭素のフロー及びストックに関わるインプット項目を組み合わせ、評価対象公園の炭素循環に基づいたモデルを構築したところ、図-2のような炭素循環モデルとなった。なお、本研究における炭素循環モデルと先行研究⁸⁾との相違点について整理すると、モデルの対象地が都市スケール(公園+街路樹)ではなく都市公園のスケールとしたこと、炭素循環の着眼点を「樹木(芝生等を除く)」ではなく「緑のリサイクル(芝生地含む)」としたことが相違点として挙げられる。また、先行研究においても「緑のリサイクル」の実施が評価軸として位置づけられているが、モデルの実行(用いたインプット項目の値)においては、先行研究では、数か所の都道府県におけるデータの平均値を用いている一方で、本研究においては、評価対象公園である百合が原公園の管理事務所へのヒアリング調査によって得られたデータを用いている点が相違し、都市スケールから都市公園スケールへスケールダウンしたことにより、より実情にあった炭素循環モデルの実行結果となっている。さらに、先行研究では土壌の分解量による炭素放出に関して考慮されていないが、本研究において構築した炭素循環モデルにはこの項目も含まれている。

(3) 評価対象公園の炭素循環モデルの実行

1) 現状における炭素循環

現状における炭素循環の定量的な評価を行うため、炭素循環モデルを実行した結果、リサイクル率100%の場合、経過年数15年で36,440[kg-C/year]となり、年間炭素ストック量は最大となること、20年までは減少するが、それ以降の年間炭素ストック量はほぼ横ばいとなること等が把握された(図-3)。これは、経年変化による「樹木のCO₂吸収固定量」において、樹木の成長に伴ってCO₂吸収固定効果が低下しているためと考えられる。また、経過年数30年において、累積炭素ストック量は643,729[kg-C]となり、経過年数10~15年において実質炭素ストック率が向上すること、20年以降は、ほぼ一定でストックされることが把握された(図-4)。累積炭素ストック量の評価に関しても、年間炭素ストック量と同様に、炭素ストック量が向上する経過年数10年からピークとなる経過年数15年以降までは、樹木のCO₂吸収固定量が向上しているため傾きが大きくなり、それ以降では炭素ストック率が低下するため、傾きが緩やかになっている。

2) リサイクル率を変化させた炭素循環

本研究で構築した炭素循環モデルのインプット項目である「植物性廃棄物のリサイクル率」の値を変化させた炭素循環モデルを実行した。年間及び累積のいずれにおいても、リサイクル率=0%、50%の各々について炭素循環モデルを実行し、現状のリサイクル率=100%の結果と比較を行った。その結果、最も炭素ストック量の評価が高くなる経過年数15年における年間炭素ストック量は、リサイクル率が「0%」の場合29,363[kg-C/year]、「50%」の場合32,902[kg-C/year]となり、現状(100%)における評価

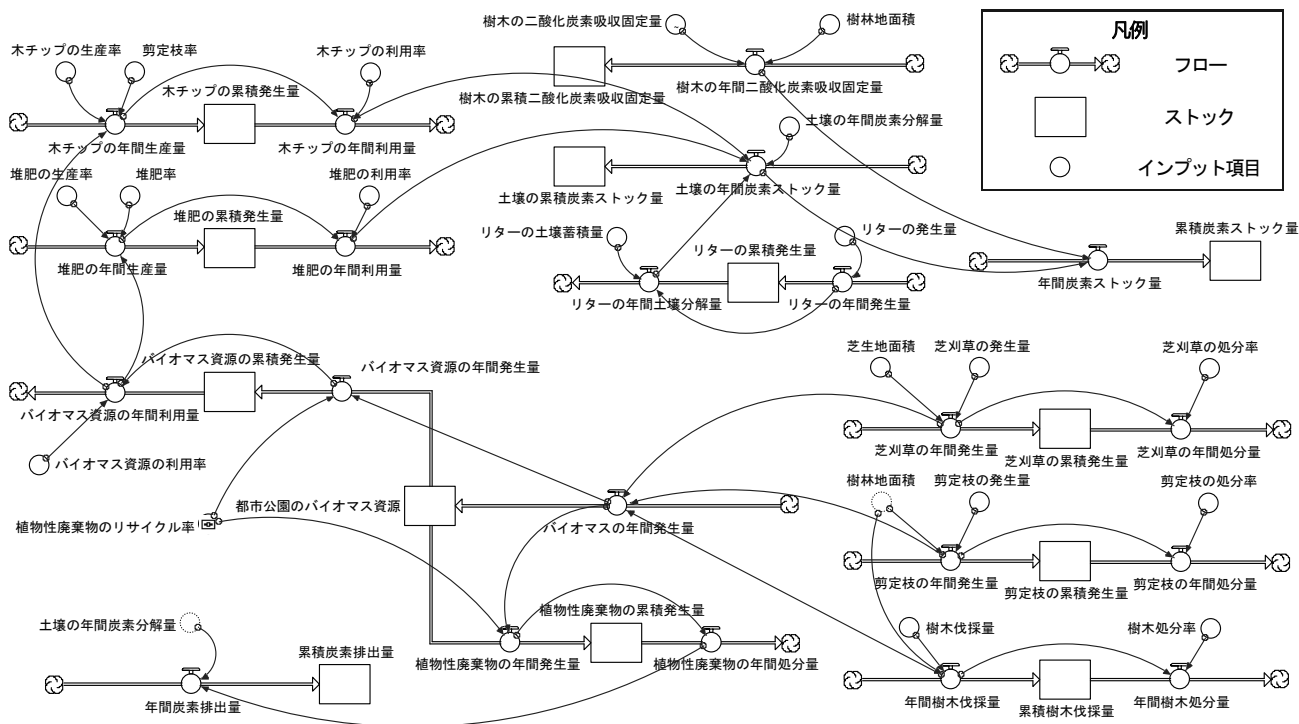


図-2 評価対象公園における炭素循環モデル（システムダイナミクスの手法を使用）注6) 注7) 注8)

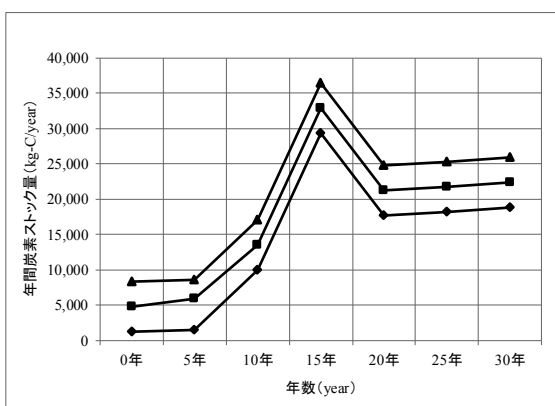


図-3 リサイクル率の変化による年間炭素ストック量

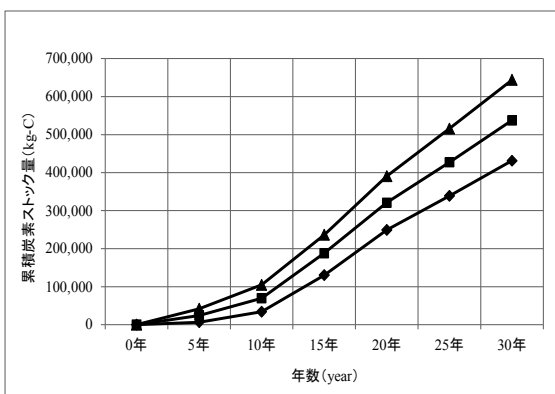


図-4 リサイクル率の変化による累積炭素ストック量

(リサイクル率：◆=0%，■=50%，▲=100%)

は「0%」の約1.21倍、「50%」の約1.13倍であることが把握された(図-3)。一方で、経過年数30年における累積炭素ストック量は、リサイクル率が「0%」の場合431,404[kg-C]、「50%」

表-3 経年変化毎の年間・累積炭素ストック量(数値)

	年間炭素ストック量 (kg-C/year)			累積炭素ストック量 (kg-C)		
	リサイクル率			リサイクル率		
	0%	50%	100%	0%	50%	100%
0年	1,200	4,739	8,277	0	0	0
5年	1,448	5,873	8,526	6,590	24,284	41,977
10年	10,027	13,566	17,105	34,206	69,593	104,981
15年	29,363	32,902	36,440	130,264	188,345	236,426
20年	17,676	21,215	24,754	249,322	320,977	390,872
25年	18,194	21,733	25,272	338,933	427,402	515,870
30年	18,826	22,364	25,903	431,404	537,567	643,729

の場合537,567[kg-C]となり、現状(100%)は「0%」の約1.49倍、「50%」の約1.24倍であることが把握された(図-4)。

3) 土地利用計画を考慮した炭素循環

ここでは、土地利用計画を考慮した炭素循環モデルを実行した。具体的には、現状の評価対象公園のピット処理能力は、植物性廃棄物の発生量と処理能力の関係から整理すると、さらなる処理が可能な状況である。そこで、図-5、図-6に示すような、樹林地率を向上させ、その分の「その他」の面積率を低下させた場合の炭素循環モデルを実行した。なお、ここで用いたシナリオは、樹林地率の向上とピット面積の拡大のみを配慮した単純なシナリオとなっている。これは、このシナリオを用いた炭素循環モデルの実行により、土地利用の変化による炭素ストック量の変化を定量的に評価することが可能であること、土地利用の変化による炭素ストックの量の影響、変化を単純な形で示すことが、この炭素循環モデルが土地利用計画の検討の際に活用可能なツールであるという理解を促すと考え、このようなシナリオ設定とした。また、樹林地率を「その他」の面積率が0%となるまで向上させた、一部現実的では考えられない極端なシナリオも含まれている。本研究では、既に整備されている現実の都市公園を扱っており、樹林地の増加をその他の部分の状況を整理しつつ行う方向性も考えられるが、一方で、どの部分を樹林地化するかについての妥当性の判断が困難なため、このシナリオでは可能な限り樹林地率を高め

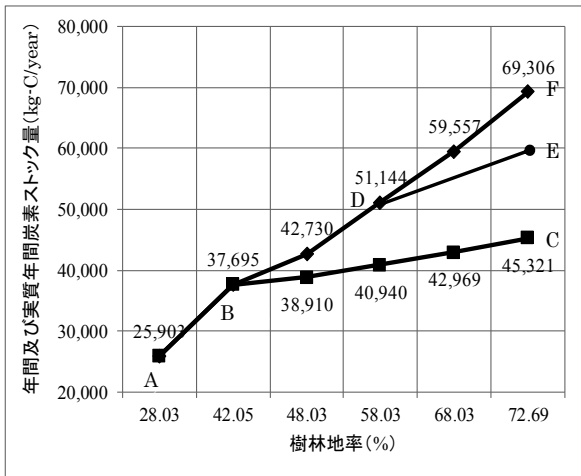


図-5 評価対象公園における樹林地率の向上に伴う年間及び実質年間炭素ストック量^{注9注10} (経過年数 30 年)

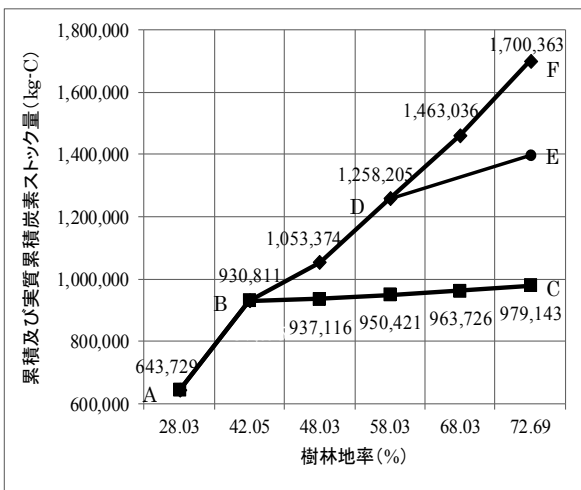


図-6 評価対象公園における樹林地率の向上に伴う累積及び実質累積炭素ストック量^{注9注10} (経過年数 30 年)

【各点の説明】

- A: 現状
- B: ピット処理能力の限界
- C: ピット面積を拡大させないまま樹林地率を向上
- D: ピット面積を拡大させて樹林地率を向上、再びピット処理能力の限界
- E: 再びピット面積を拡大させないまま樹林地率を向上
- F: 「その他」が全て消失するまで樹林地率を向上及びピット面積を拡大

ることとした。

図-5のグラフは、経過年数30年における年間及び実質年間炭素ストック量である。なお、以下の、土地利用計画を考慮した炭素循環モデルの実行における年間及び実質年間炭素ストック量は、経過年数30年における年間炭素ストック量とした（以下の累積及び累積炭素ストック量に関しても、同様である）。このシナリオにおいては、経過年数10年や20年等に対して各々の議論が可能であると考えられるが、本研究では、便宜的に経過年数30年の炭素ストック量として評価及び検討を行った。

まず、現状（樹林地率28.03%）における経過年数30年後の年間炭素ストック量は、25,903[kg-C/year]（：点A）である。この状態から樹林地率^{注10}を向上させると、年間炭素ストック量は増加するが、樹林地率が42.05%（樹林地率14.02%の向上）の時に、ピットの処理能力は限界を迎えることになる（：点B）。この時の年間炭素ストック量の評価は37,695[kg-C/year]である。

ここからピット面積を拡大させずに、樹林地率をさらに向上させた場合、年間炭素ストック量の増加傾向は抑制傾向（：B→C）となるが、これは、ピット処理能力の限界による植物性廃棄物の飽和に起因する。一方、ピット面積を拡大させ同様に樹林地率を向上させた場合、年間炭素ストック量の増加傾向に大きな変化はみられない（：B→D）が、これは、ピットの処理能力が維持されるためである。

さらに、拡大させたピット面積に対して樹林地率を向上させると、再びピットの処理能力は限界を迎えることになり、年間炭素ストック量の増加傾向は再び抑制傾向（：D→E）^{注11}となる。点Dからピット面積を拡大させると、B→Dと同様に年間炭素ストック量の増加傾向に大きな変化はみられないが、樹林地率72.69%（同51.59%の向上）の時に、「その他」を構成する割合を全て樹林地が占めることとなる（：D→F）。この時の年間炭素ストック量の評価は69,306[kg-C/year]（：点F）である。

累積炭素ストック量の場合（図-6）についても、年間炭素ストック量の場合と同様のことがいえる。年間及び累積のいずれのシナリオにおいても、B→Cのシナリオでわかるように、樹林地率をただ向上させても、それに伴って植物性廃棄物を処理するピット面積を拡大させて対応させないと、実質年間及び実質累積炭素ストック量の評価はあまり得られないことが把握された。

以上の結果より、公園内の土地利用の構成比を変化させることで、年間及び累積炭素ストック量が大きく変化することが明らかとなった。

このように、本研究において構築した炭素循環モデルは、土地利用計画、植栽計画等を検討する際のツールとして活用が可能であると考えられる。

4. おわりに

本研究で得られた主な結果を整理しながら、「緑のリサイクル」に着目した低炭素・循環型の都市公園整備の可能性等について以下に整理する。

リサイクル率が100%である評価対象公園において炭素循環モデルを実行した結果、低炭素化に寄与していることが明らかとなり、「緑のリサイクル」を実施することは、低炭素化に有効であることが示唆された。

また、「植物性廃棄物のリサイクル率」の高低は、炭素循環の評価に大きく影響し、例えば、経過年数15年においては、リサイクル率が0%の時と比較すると100%では年間炭素ストック量が約1.21倍、経過年数30年においては、累積炭素ストック量が約1.49倍に向上することが把握された。

低炭素化を視野にこのような「緑のリサイクル」に着目した活用した都市公園整備を行う際には、定量的な評価に基づきながら、炭素の吸収源である樹林地と植物性廃棄物の発生量及びピットの処理能力を考慮すること、リサイクルにより生産する木チップや堆肥を、公園内で再利用可能となる適切な土地利用の比率のもとで運営・管理すること等が重要となる。また、このような公園整備がゼロエミッション化（循環型）にも寄与すると考えられる。

今後、本研究では考慮しなかった公園内外へ移動する炭素量について想定したモデル構築を行うことで、公園周辺の地域も含めた低炭素・循環型への配慮も視野に入れることが可能となると考えられる。

その他の研究上の課題として、本研究とは異なる都市公園における炭素循環モデルの実行、経過年数毎の詳細な数値データをさらに組み込むことによる炭素循環モデルの精度の向上等が挙げられる。また、3.(3)3の土地利用計画の検討では、炭素循環モデルの実行結果から直接的に最適な土地利用計画を導出する段階でできる段階にまでは至らなかったため、土地利用計画をより容易に検

討することが可能なモデルの構築等も課題となる。

謝辞：

本研究の遂行にあたり、札幌市公園緑化協会庵原英郎氏、山田和宏氏には百合が原公園のヒアリング調査及び資料提供等の御協力を頂いた。ここに研究協力の感謝を申し上げる。

補注及び引用文献

- 注 1) 本研究で用いている「年間・累積炭素ストック量」等の「ストック」の定義は、樹木による CO₂ 吸収・固定量及び土壌への炭素蓄積量を合わせたものとしている。
- 注 2) 炭素循環の定量的な評価を行う際に、炭素循環の経年変化をみている理由としては、評価対象期間内の各々の年数において炭素ストック量の評価が異なり、その結果における都市公園整備のあり方も異なってくると考えたためである。
- 注 3) 「土壌の年間炭素分解量」は、高橋らの研究¹³⁾及び文献¹⁴⁾の値を参考とした。木チップの炭素分解量に関しては、炭素放出率を 20%とした。また、堆肥の分解量に関しては、文献から炭素放出率が 20~40%であることが把握され、本研究においては、こちらも炭素放出率を 20%とした。なお、「土壌の年間炭素分解量」は、「木チップの年間炭素分解量」と「堆肥の年間炭素分解量」の和である。
- 注 4) 本来は多少の影響が考えられる、緑のリサイクルに要するエネルギー（重機の燃料等）は、インプット項目として入れ込むことができなかったため除外した。
- 注 5) 本研究で設定したシナリオ（：評価軸）以外にも、設定したインプット項目において変化可能（評価軸となりうる）な変数（例えば、木チップの生産率、堆肥の生産率）があるが、これらに関するシナリオについては、本研究では、公園整備自体とは異なる、生産技術の向上等によるものであることから評価軸としては除外した。また、評価対象公園とした都市公園の外部における炭素移動（例えば、剪定枝等の受け入れや提供に伴う炭素移動）についても、都市公園整備の一つの方向性を考える上で重要と考えられるが、2. 2) で記述したとおり本研究では配慮したモデルとしていない。今後、このような関わりからのシナリオ設定も期待される。
- 注 6) 図-2 の炭素循環モデルは、可能な限り前頁の図-1 と対応させている。
- 注 7) ヒアリング調査において得られた発生量の単位が m³であったため、ピットの容積を考慮しながらピット面積の拡大率を算出した。
- 注 8) 各フロー間の関係性について説明すると、例えば、「土壌の年間炭素ストック量」の矢印は、「年間炭素ストック量」へ向かっているが、この矢印は「影響を与える要素」を表すので、「土壌の年間炭素ストック量」が「年間炭素ストック量」に影響するという意味になる。また、インプット項目の矢印についても同様の意味である。
- 注 9) 「実質」とは、実際の炭素ストック量から、植物性廃棄物が飽和することによって焼却処分される分の炭素量を差し引いたものであり、図-5 及び図-6 においては、B→C にあたる。
- 注 10) 樹林地率の目盛の設定が半端な値であるが、現状の 28.03%を基準として基本的に 10%増加する毎に目盛を設定している。ただし、点 B 及び点 F においては、シナリオ説明のため固有の樹林地率の値を用いている。
- 注 11) D→E に関しては、向上した樹林地率及び拡大したピット面積の値によって年間炭素ストック量が異なる。

- 1) 地球温暖化対策推進本部 (2002) : 地球温暖化防止推進大綱, 環境省
- 2) 小野貴子 (2008) : 温室効果ガス排出・吸収量の算定の仕組みと日本の取り組みにおける都市緑地: 都市緑化技術, No.69, 6-9
- 3) 高口洋人, 尾島俊雄 (1999) : 木造専用住宅と森林資源との循環型モデルに関する研究 (砺波平野散居村におけるケーススタディ) : 日本建築学会計画系論文集, No.516, 93-99
- 4) 高宮立身, 諫本信義, 森貞和仁, 松本光郎 (2001) : 大分県内における森林土壌の炭素蓄積量について : 日林九支研論文集, No.54, 165-166
- 5) 宇都木玄 (2005) : 森林における CO₂ 出入りの仕組みは複雑だ : 森林総合研究所北海道支所 研究レポート, No.80
- 6) 長谷川淳也, 田井文夫 (1998) : ウッドチップ舗装の公園園路への適用 : 都市緑化技術, No.30, 46-47
- 7) 鈴木つとむ (1998) : 野山北・六道山公園 緑のリサイクル計画 : 都市公園 : No.143, 15-23
- 8) 八重樫大樹, 市村恒士 (2008) : 都市緑地における樹木を中心とした炭素循環モデルに関する研究 -北海道札幌市を事例として- : 環境情報科学論文集, No.22, 91-96
- 9) 島田俊郎 (1994) : システムダイナミクス入門 : 日科技連, 東京, 250
- 10) 外崎公知, 村山克也, 今井一隆, 榎野良明 (2013) : 都市公園における土壌炭素蓄積速度の推計 : 日緑工誌, No.38, 373-380
- 11) 林業試験場木材部, 木材利用部 (1982) : 日本産主要樹種の性質・木材の性質一覧表 : 林業試験場研究報告, No.319, 85-126
- 12) 環境生活部資源循環推進課事業推進班 バイオマスプロジェクトチーム (2004) : 千葉県モデル, バイオマスタウン設計業務調査報告書 : 千葉県資源循環推進課ホームページ (<http://www.pref.chiba.lg.jp>), 2012.10.15 更新, 2013.12.5 参照
- 13) 高橋輝昌, 神原大地, 石井匡志, 萩野淳司, 原田秀樹, 八色宏昌, 山田拓広, 鳥越昭彦 (2014) : 剪定枝の分解に伴う炭素動態の推定 : ランドスケープ研究 (オンライン論文集), Vol.7, 17-19
- 14) 三重県中央農業改良普及センター (2005) : 主要作物の施肥基準 : 有機物の分解特徴による群別と施用効果 : MATE 三重県農業技術情報システムホームページ (<http://www.mate.pref.mie.lg.jp/>), 2014.11.14 更新, 2014.11.27 参照
- 15) 市村恒士, 黒澤和隆 (2005) : 都市林の二酸化炭素吸収固定効果に関する研究 -北海道帯広市「帯広の森」を事例として - : 日本建築学会環境系論文集, No.597, 81-87