

令和 5 年 6 月 27 日現在

機関番号：33903

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K15864

研究課題名（和文）エネルギー資源利用を前提とした低炭素で持続可能な都市緑地管理のシナリオ評価

研究課題名（英文）Scenario evaluation of low-carbon and sustainable urban green space management based on energy resource use

研究代表者

川口 暢子（Kawaguchi, Nobuko）

愛知工業大学・工学部・准教授

研究者番号：20816277

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,600,000円

研究成果の概要（和文）：公共緑地／住宅／農地／樹林地・森林の投入作業量、CO2排出量についてヒアリング・アンケート調査に基づく統計的な分析を実施した。森林管理に要する資源占有の時間フットプリント(RTF)を「鉱物資源」「CO2許容量」「労働」「土地」の別に試算し、伐採枝リサイクル手法・管理レベルに応じたシナリオ評価を行い、管理手法によってどの程度資源占有量が異なるかを評価する手法を開発した。追加の調査として、管理の側面だけでなく緑地利用の実態として位置情報データを用いた滞在者数の経年変化を把握した。本研究課題の成果により、利用や維持管理、環境負荷の両面から都市緑地管理に関する基礎データを整備することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人口減少による都市の空洞化や緑地保全創出に着目した研究には、緑地空間の確保可能性を検証するものが多く見られる。また、CO2排出を始めとする環境負荷に着目する研究は、整備段階を検証するものが多く、管理段階に重点を置いた研究は少ない。本研究の成果は、長期的な維持管理を要する緑地管理の環境性能や持続可能性に着目し、都市緑地における維持管理を対象に、ライフサイクルアセスメントの視点、持続可能性の視点を踏まえ、評価を試みたことに意義がある。

研究成果の概要（英文）：Statistical analysis based on interviews and questionnaires was conducted on the input workload and CO2 emissions of public green spaces/residential/agricultural land/woodlands and forests. The time footprint (RTF) of resource occupation for forest management was estimated separately for "mineral resources," "CO2 allowances," "labor," and "land," and scenario evaluation was conducted according to logging-branch recycling methods and management levels, and a method was developed to evaluate to what extent resource occupation differs according to management methods. As an additional study, we also obtained information on the number of visitors to the green space using location data to understand the actual use of the green space as well as the management aspects. The results of this research project have provided basic data on urban green space management from the perspectives of use, maintenance, and environmental impact.

研究分野：都市計画、緑地計画

キーワード：CO2 emission Life-cycle CO2 Labor input Greenspace management LCCO2 Urban forest Resources time footprint

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

CO₂ 排出を含む地球規模の変化の多くは都市に起因し、炭素貯蔵のような貴重な生態系サービスを提供する都市緑地の保全創出が求められる。他方、その実現には、人口減少・高齢化の進展、行政投資能力の減退、市街地の空洞化と緑地の減少、多様な主体の参画などの検討課題がある。都市緑地は様々な主体が関与し、公園や街路樹、私有地など個々で議論されることが多いが、地区・自治体といった社会的空間スケールの中で保全創出されるものとして統合的な視点から都市緑地計画体系の中で位置づける必要がある。各土地利用での投入作業量や環境負荷の排出、地区又は地方自治体単位でどの程度負担しているのかを空間的に把握する必要がある。

人口減少による都市の空洞化や緑地保全創出に着目した研究には、緑地空間の確保可能性を検証するものが多く見られる。また、CO₂ 排出を始めとする環境負荷に着目する研究は、整備段階を検証するものも多く、管理段階に重点を置いた研究は少ない。研究代表者は、名古屋市を対象に、都市計画基礎調査の土地利用分類と緑被調査の分類を基準に緑地を分類し、「景域管理作業量」という指標をもとに、ヒアリング調査によって作業量を明らかにし、ArcGIS 上で情報を整理してきた(図 1)。景域管理作業量は「各景域類型にかかる年間の総作業時間(hours)」と定義され、各緑地の管理手法、組織体制、投入される作業量を明らかにした(川口ら, 2016)が、管理に伴う CO₂ 排出量や伐採枝のエネルギー利用の可能性は明らかにされていない。データの統計的優位性を高め一般化を目指し、新たに CO₂ 排出量の視点から低炭素で持続可能な景域管理を検討する必要がある。

2. 研究の目的

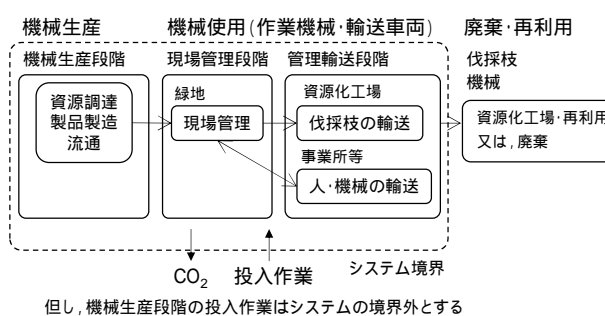
本研究は、名古屋大都市圏の緑地を対象とし、高齢化による将来管理人口不足と作業量、CO₂ 排出量を調査・推計し、管理によって生ずる伐採枝のエネルギー利用を前提とした作業量・CO₂ 排出量のシナリオ評価を目的とした。

都市緑地全般の管理を対象とした近年の国内外の研究には、管理に際し排出される CO₂ 排出量に着目した研究として、都市公園を対象とした LCCO₂ 評価を試みた市村ら(2009)の研究や、都市や街区等の土地利用の計画・設計の初期段階における LCCO₂ 評価手法の構築を試みた藤村ら(2012)の研究、都市公園の整備・利用における 50 年のカーボンフットプリントを評価した M.W.Strohbach ら(2012)の研究が見られる。これらは特に緑地の整備段階を重視しており、管理段階における CO₂ 排出量や、伐採枝のエネルギー資源としての利用を対象とした研究は少ない。また人口減少時代においては、ボランティアや私有地の緑地管理の持続可能性を含め検証する必要がある。ここでは特に労働力の検証が求められるが、現状の国内外の研究では費用として評価するものが多い。以上のように、都市緑地の整備段階の環境負荷の研究は蓄積しつつあるが、管理を人の作業量・CO₂ 排出量の視点で評価する研究は見られない。

3. 研究の方法

(1) 投入作業量と CO₂ 排出量の推定と地域特徴の把握

まず、緑地類型ごとに、管理者への聞き取り調査を実施するとともに、既知のインベントリデータを参照し、都市緑地管理における単位面積当たりの投入作業量・CO₂ 排出量を推定し、その空間分布を示すことで、投入作業量・CO₂ 排出量が共に高く負荷が高いエリアを特定した。評価対象とした緑地管理システムを図 1 に示す。



但し、機械生産段階の投入作業はシステムの境界外とする

図 1 評価対象とした緑地管理システム 1

(2) 都市森林管理活動に着目した環境評価

都市森林管理活動の持続可能性を確かめるため、(1)で明らかにした投入作業量や CO₂ 排出量といった指標に加えて、作業機械等の原材料を主とした物質質量や、維持管理する対象森林の規模を表す空間量を評価指標とした。すなわち、「物質」「労働」「汚染物質許容量」「空間」の「資源占有の時間フットプリント」(Resources Time Footprint, 以下 RTF)を算出した。占有とは、ある機能を得るためにある期間に亘って物質や土地などを利用している状態を、製品またはサービスを生成するための資源の総容量に対する占有量の比に、占有期間を乗じたものとして評される。研究では、人の一生(100 年間と仮定)の間の管理方法(管理の強度や伐採枝の再利用方法を対象としたシナリオ)を仮定し、現状

とシナリオの RTF 差分値を試算し、評価した。評価対象とした緑地管理システムを図 2 に示す。

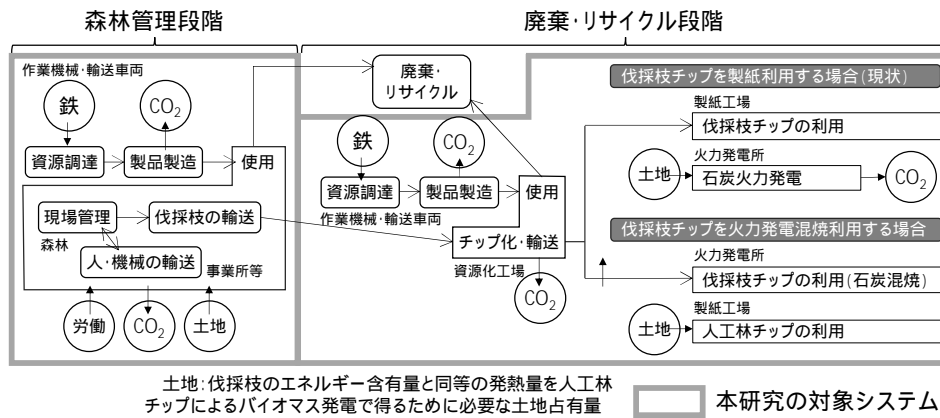


図 2 評価対象とした緑地管理システム 2

(3) アンケート調査による投入作業量と CO₂ 排出量の定量化

名古屋大都市圏におけるウェブアンケート調査を実施し、公園等の公共緑地 / 住宅 / 農地 / 樹林地・森林の投入作業量、CO₂ 排出量の定量化を試みた。

4. 研究成果

(1) 投入作業量と CO₂ 排出量の推定と地域特徴の把握

本節では、名古屋市を対象として緑地維持管理にかかる投入作業量と作業機械等の使用に伴う CO₂ 排出量の関係について明らかにした。第一に、土地利用・管理主体・管理方法に応じて緑地の類型化を行い、その面積を把握した。第二に、緑地類型ごとに管理者への聞き取り調査や既往データに基づき、緑地管理作業の各段階における CO₂ 排出量、面積当たり投入作業量を求めた。第三に、求めた投入作業量と管理面積を用い、緑地類型ごとの全市的な CO₂ 排出量と投入作業量を算出した。第四に、算出した CO₂ 排出量・投入作業量に基づき全市的な空間分布を示し、投入作業量・CO₂ 排出量が共に高く負荷が高いエリアを特定した。

CO₂ 排出量に関する既知のインベントリデータと関係機関に対する聞き取り調査手法を用いたインベントリデータの収集により、「機械生産段階」「現場管理段階」「管理輸送段階」の各段階に生じる市全域の CO₂ 排出量を推計した。結果、市全域の CO₂ 排出量は、機械生産段階・現場管理段階・管理輸送段階のうち、現場管理段階が最も高い排出量を有することがわかった。投入作業量では、現場管理が管理輸送を大きく上回る負荷量となっていた。緑地類型別に見ると、管理単位面積あたりの CO₂ 排出量の高さは、その他公園、商・工業、街路樹、樹林地、集合住宅、戸建住宅の順であった。樹林地系は緑地面積の排出密度が低い値を示した。

推計した市全域での CO₂ 排出量と投入作業量を空間分布で示した結果、投入作業量・CO₂ 排出量が共に高く負荷が高いエリアが特定された(図 3)。

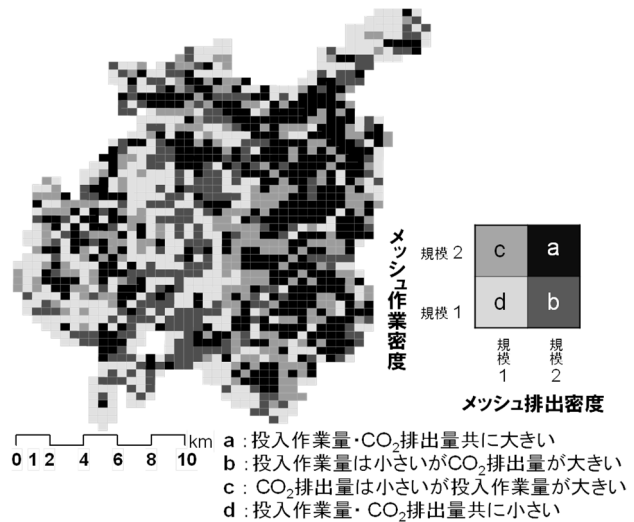


図 3 投入作業量・CO₂ 排出量分類の空間分布

(2) 都市森林管理の持続可能性に関する資源占有の時間フットプリント評価

本節では都市森林管理を「森林管理段階」「廃棄・リサイクル段階」に大別し、作業機械や輸送車両の原材料となる「鉱物資源量」、機械のエネルギー表皮や伐採枝リサイクルに伴い排出される「CO₂ 許容量」、管理実施者の「労働量」、管理される「土地の量」の 4 種の RTF を試算した。森林管理段階では、作業機械・輸送車両の資源調達・製品製造・製品仕様をシステムの対象とした。製品使用は、現場管理・現場管理時の輸送を対象とした。廃棄・リサイクル段階は、森林管理段階で排出される伐採枝のチップ化と伐採枝チップの利用として、「製紙利用」と「火力発電混焼利用」をシステムの対象とし、伐採枝リサイクルシナリオ 2 種×管理レベルシナリオ 3 種の 6 種で RTF を試算した。

試算の結果(図 4) 都市森林管理のケースでは、鋼資源の占有量が他の 3 指標と比較して総量が少ない傾向にあることから、労働、CO₂ 許容量、土地が焦点となる。今回対象とした森林管理は、まとまった 1ha 以上の森林に的を絞り、機械使用を想定し RTF を求めたことから、人口

一人当たりの RTF 値は数日程度となった。RTF 値は、対象物の全体量に対する占有期間分の占有量の比であり、値が低いことが望ましいと判断される。現状よりも RTF 値が低くなるシナリオは「発電・軽度管理」の管理方法であった。都市緑地の維持管理に関する既往研究によると、公園緑地の計画・管理に要する財源確保の課題¹⁾や、管理費縮減に伴う街路樹の強剪定による質の劣化²⁾といった費用の課題が挙げられており、対応策として財源を多様化する¹⁾ほか地域組織・活動団体の参画³⁾があり、中でも高齢化が課題⁴⁾として挙げられている。こうした課題は、人口減少・高齢化に伴う財源の減少や管理人口の減少、ひいては労働力の低下につながることを意味しており、本研究で扱う労働の占有に該当すると考えられる。軽度管理とすることで労働の RTF 値が下がる一方、質の低下もあると考えられ、単に管理強度の低さを高評価するのではなく、負の側面を含めた RTF 評価が今後の課題である。一方で、最も RTF 値が高くなるシナリオは「製紙・強度管理」の管理方法であり、5つのシナリオの中でも唯一現状管理方法を上回る値となった。将来、都市森林の管理強度を高めた場合、現状の伐採枝リサイクル手法では RTF 値が高まることが考察される。

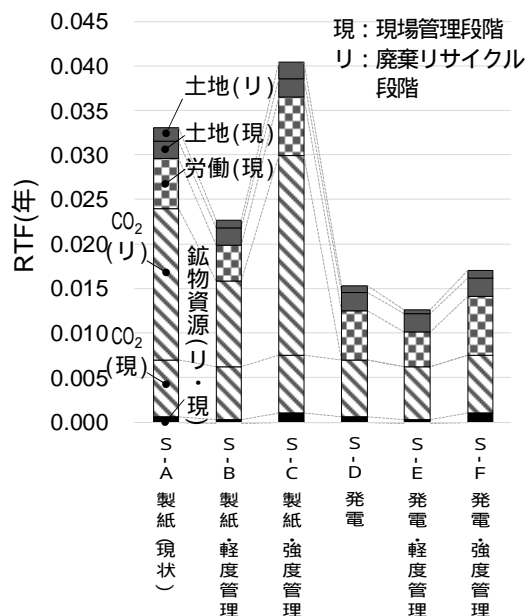


図4 シナリオ別 RTF 推計結果

各指標の RTF 推計値を見ると、CO₂ 許容量の RTF 値が最も大きく、続いて労働、土地、鉱物資源となった。CO₂ 許容量は、伐採枝を製紙工場でリサイクル利用した場合の火力発電所での石炭火力発電に関する CO₂ 排出分が、結果としてシナリオ間の RTF 値の大きな差異を生んでいた。本研究でより多元的な4指標を、管理の持続可能性という観点で統合的に評価した結果、伐採枝を製紙工場で利用する現状のリサイクル手法では、労働よりも伐採枝リサイクルに伴う CO₂ 排出量の負荷が高く、発電で利用する場合では概ね同程度であることが考察される。

(3) アンケート調査による投入作業量と CO₂ 排出量の定量化

本節では、名古屋大都市圏におけるウェブアンケート調査を実施し、公園等の公共緑地/住宅/農地/樹林地・森林の投入作業量、CO₂ 排出量の定量化を試みた。試算の結果、ウェブアンケート調査結果のうち、都市部における住宅及び農地の投入作業量及び CO₂ 排出量の試算について、一部、名古屋市内での対面式でのヒアリング結果との違いが認められた。農地に関しては、農林水産省が示す農業地域類型別に、農地の作業負荷にどのような違いがあるかを把握した。また、地域によって主要な作物の種類も異なることから、作物別・作業項目別の作業密度を比較し、特に中・山間地域での将来の人口減少が農地管理に与える影響について考察を試みた。アンケート調査のうち、投入作業量については一部既往のヒアリング調査に基づく原単位と異なる結果が得られたため、更なる検証が必要と考えている。また、CO₂ 排出量については、作業機械に関する回答数が少ない結果となったため、統計的な推定には至っていない。以上を踏まえ大規模統計データによる推定にはまだ課題を残している。

(4) その他

本研究では、追加の調査として、管理の側面だけでなく緑地利用の実態として位置情報データを用いた滞在者数及び来訪者居住地の経年変化について把握を行った。本研究課題の成果により、利用や維持管理、環境負荷の両面から都市緑地管理に関する基礎データを整備することができた。

参考文献：

- 1) 雨宮 護 (2010) : 公園緑地の計画と管理, ランドスケープ研究 vol.74(1), pp.11-15, 日本造園学会.
- 2) 藤井 英二郎 (2013) : 街路樹管理の課題と方向性, グリーンエージ, vol.40(2), pp10-13, 日本緑化センター.
- 3) 後藤 智香子 (2012) : 住民による維持管理・運営からみた市民緑地制度の運用実態, 都市計画論文集 vol.47(3), pp.1057-1062, 日本都市計画学会
- 4) 山田 和司, 浦田 啓充 (2001) : 民有緑地消失の現状と原因の検証に関する研究, ランドスケープ研究 vol.64(5), pp.871-874, 日本造園学会.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 川口 暢子, 林 希一郎, 藤井 実	4. 巻 35
2. 論文標題 都市緑地管理活動に伴う投入作業量とCO2 排出量の特徴 -名古屋市での事例研究-	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 環境共生	6. 最初と最後の頁 18-29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 川口 暢子, 林 希一郎, 藤井 実	4. 巻 36
2. 論文標題 都市森林管理の持続可能性に関する資源占有の時間フットプリント評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 環境共生	6. 最初と最後の頁 53-64
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 川口 暢子, 野口 領汰, 千村 政彦, 杉江 稔, 小倉 俊臣
2. 発表標題 COVID-19の状況下における都市公園来訪者数の広域実態分析
3. 学会等名 第64回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nobuko Kawaguchi
2. 発表標題 Spatial analysis of urban and rural landscape management sustainability based on indicator of labor input - case in Matsusaka city
3. 学会等名 CWMD International Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 N. KAWAGUCHI, K. HAYASHI and M. FUJII
2. 発表標題 Assessing the Recycle of Urban Forest Management Wastes Using the Resources Time Foot Print Analysis
3. 学会等名 ICMaSS 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------