

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 19 日現在

機関番号：32678

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26340104

研究課題名(和文)都市圏域における品質別木質系廃棄物の動態と再利用効率性に関する将来分析

研究課題名(英文)Life cycle prediction of wood waste considering its quality and reuse efficiency in urban areas

研究代表者

大西 暁生(Onishi, Akio)

東京都市大学・環境学部・准教授

研究者番号：90435537

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、名古屋都市圏を対象に将来の社会経済シナリオを考慮した建築物の需要とその建替え・解体等のライフサイクルを表すシミュレーションモデルを構築した。また、建築物の資材別等の原単位を把握した。さらに、木質系家具の所有状況とそのライフサイクル、都市の樹木や草地の状況等も把握した。この結果、品質等を考慮した木質系廃棄物が把握できると同時に、これらの有効な利用方法が提示可能となった。特に、コンパクトシティといった都市空間構造の違いや住宅の木質化や長寿命化の程度に応じた木質系材の需要と供給、そして木質系廃棄物との関係を明らかにすることで、都市圏域内における循環利用促進のための方策が検討可能になった。

研究成果の概要(英文)：In this study, a simulation model was developed based on the city of Nagoya and its surroundings. This model estimates a building's demand and life cycle (from construction to demolition) by considering various future socioeconomic scenarios. We also incorporated the basic material units for construction and disposal (demolition) of buildings. Furthermore, the amount and life cycle of wood furniture and the area of trees and grass in the city were analyzed. Through these analyses, the quantity and quality of wood waste were understood, and it became possible to present methods for effective use of the wood waste. In particular, we clarified the relationship between the supply and demand of wood and the wood waste under different conditions of urban spatial structure such as a compact city and promoted wood houses and longer housing life span. As a result, it was possible to present methods for effective use of limited resources.

研究分野：環境学

キーワード：物質循環システム 木質系廃棄物

1. 研究開始当初の背景

2013年に第3次循環型社会形成推進基本計画が閣議決定されると共に、同年にはIPCCの第5次報告書が発表された。これにより、資源投入量の節約と再利用・再利用による循環型社会の推進と、低炭素社会を目指した社会構築が改めて示された。こうした中、木造建築物や家財などに用いられている木材を将来に渡って永続的に利用していくためにも、木質系廃棄物の有効利用をさらに促進させていく必要がある。建築物解体による廃棄物は、昭和40年代以降に急増した建築物が、現在、更新期を迎えており、今後ともその廃棄物発生量は増加するものと予想されている。現在、建設発生木材の再資源化率は、平成12年の建設リサイクル法の制定により一定規模以上の工事において特定建設資材の分別解体及び再資源化などが義務づけられたこともあり、飛躍的に向上している。ただし、良質で再利用が可能な木材が廃棄され、もしくはサーマル利用のみでライフサイクルを終える現状がある。また、山間地域からの間伐材などは輸送コストが高く、廃材のほとんどが品質を把握していないため一度きりの使用で廃棄される。ただし近年、エネルギーの地産地消を目指し、木質廃材の発電利用の可能性や生産した電力・熱の利用によるCO₂排出量の削減効果が示されている。さらに、建設廃木材の再資源化技術であるマテリアルリサイクル、サーマルリサイクル、バイオエタノール化などをもとにした様々な利用のケースにおいて、CO₂排出量と便益の増加額との関係を考慮して、建設廃木材の利用可能性が示されている。しかし、マテリアルリサイクル、サーマルリサイクル、発電などの利用段階ごとの効果や課題を個別に評価するものだけではなく、実際の有効利用（カスケード利用など）のあり方についての検討や、その効果を評価する必要がある。また、将来の社会経済の状況や木材の需要の変化、また木質系廃棄物の供給状況などを加味しながら、持続可能な利用方法を提示する必要がある。すなわち、都市とその近郊を含めた都市圏域内での木質系廃棄物の発生量とその時期を把握するとともに、木材需要との関係から最適かつ効率的な供給方法を考える必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、名古屋都市圏を対象に品質別の木質系廃棄物を把握するとともに、マテリアル、バイオマス、サーマルによる効率的なカスケード利用の方法を考えるため、将来の社会経済状況を加味した複数のシナリオを設定することによって木質系材の需要と木質系廃棄物の供給との関係を明らかにする。これによって、都市圏域内における循環利用促進のための方法を将来の状況を踏まえて提示することができる。

3. 研究の方法

本研究の目的を達成するために、社会経済シミュレーション、耐用年数を考慮した建築物ライフサイクルの把握、品質を考慮した廃棄物原単位の作成などが鍵となる。

本研究では以下の課題をターゲットとした。

(1)産業系、家庭系、事業系の木質系廃棄物に関連する政策や事例などをレビューすることによって廃棄物の再利用実態などを把握する。

(2)建物情報や木質系廃棄物のデータなどを統計書類やGIS・衛星画像などを用いて収集・整備する。

(3)都市圏域をアクセス性など考慮しながら設定する。

(4)産業廃棄物については木造建築物の品質別解体時の原単位を作成するとともに、建築物のライフサイクルを表すモデルを構築する。

(5)家庭系・事業系の廃棄物についてはアンケートやヒアリングによって木材家具の所有状況や買い替え頻度、また製造業などの木質パレットの使用状況などを調査する。

(6)都市圏域内の樹木などの情報は衛星画像を用いて把握するとともに、その剪定状況などについては自治体などへヒアリング調査する。

(7)カスケード利用が可能な部材とその利用方法を実態との関係から設定する。

(8)将来の社会経済の状況を加味した木材需要を表すモデルを作成するとともに(4)~(6)で把握した木質系廃棄物の供給との関係を検討する。

4. 研究成果

(1)政策などのレビュー、統計書類やGISデータの収集・整備、将来の木質系資源の需給モデル、家具アンケート、原単位:ここでは、住宅と住宅内の家具に着目し、これら双方を考慮したマテリアルストックとフローの量を推計した。家具に関しては、名古屋市を対象にWEBアンケート調査を実施することで、家具の種類や材質ごとに世帯当たりの建て方別・延床面積別の原単位を作成し、また買い替えの頻度などを把握した。そして、2010年から2050年までの人口と世帯数を5年間隔で推計することで、これに見合った住宅需要量を把握し、住宅の築年数ごとの残存率からライフサイクルを推計しその供給量を把握した。同様に、家具の需要と供給も把握した。そして、この住宅と家具の台数、並びにこれらに対応した原単位や家具の重さなどを用いることで住宅と家具のマテリアルストックとフローを町・大字ごとに推計した。この結果、延床面積や住宅マテリアルストック需要量が、人口や世帯数と同様に中川区や緑区において多いことが分かった。また、2010年と2050年の住宅マテリアルストック量を比較すると、千種区、東区、西区、中区

で増加しており、特に西区は大幅な増加となっている。また、一人あたりの住宅マテリアルストック量の平均値は、2000年の35.3t/人から2050年の36.9t/人へと若干増加した。これは、年齢階層が比較的高い層において人口が集中することによって、前述したように一世帯当たりの構成人数が減ることで、一人あたりの住宅マテリアルストック需要量が増加したものと推察できる。名古屋市全体の家具の所有台数は、2010年において約1,846万台、2015年で最も多い1,884万台となり、2050年に1,750万台と減少したことが分かった。内訳としては、所有台数の14.0%程度がダイニングのイスであり、次いでチェストが11.3%程度、本棚が8.9%等となった。家具マテリアルストック需要量は、2010年に25.3万t、2050年に24.0万tとなった。ダイニングのイス、チェスト、本棚の大半は木質であり、マテリアルとしては、全体のおよそ83.6%~84.4%（2010年）を占めていることが分かった。住宅と家具のマテリアルストック量の空間分布を図-1と図-2に示す。

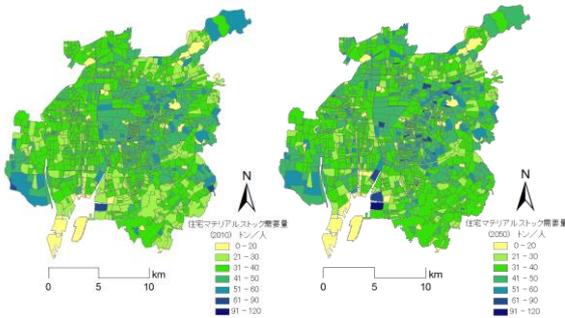


図-1 町・大字別の住宅マテリアルストック量

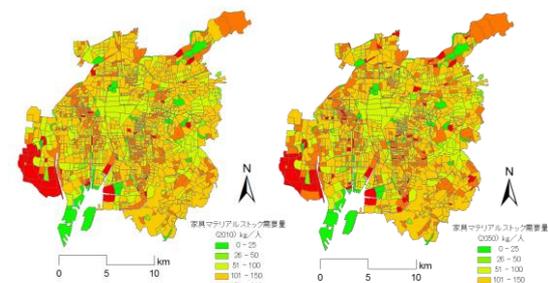


図-2 町・大字別の家具マテリアルストック量

(2)衛星画像の収集・整備・都市圏域内の樹木や緑化などの情報：ここでは、樹木や草地などの緑の量を知るため、高分解能衛星画像の一つであるWorldView-2画像を用いて、近年使用されているオブジェクト分類手法によって詳細な土地被覆分類を行った(図-3)。対象地域は、名古屋市の中心部を含み、撮影時期は、2015年8月の画像である。この結果、詳細な樹木や草地の面積を把握できるようになったため、本対象地域では樹木の面積割合が12%となり、また草地が3%であることが分かった。さらに、都市内における樹木などの木質資源の確保とその緑化拡大を目指

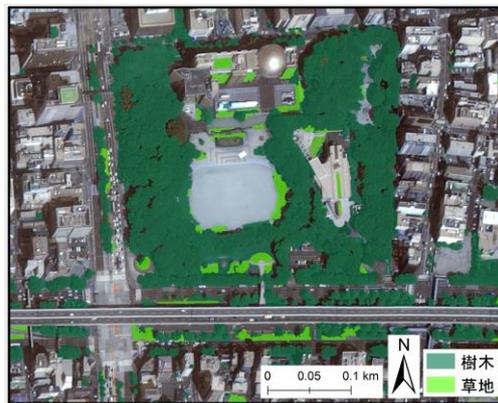


図-3 オブジェクト分類手法による詳細な土地被覆分類の取得

し、名古屋市においてWEBアンケート調査を実施することで、人々が緑化を施工する場合の条件(施工場所や樹種など)を把握するとともに、施工する場合の助成金額と支払い負担額のバランスを把握した。そして、現在実施されている緑化助成が本当に妥当なものかどうかを評価・検討した。この結果、現在の緑化助成では、例えば緑化の施工面積が比較的小さく、仮に緑化の施工に興味を示したとしても、施工金額から支払意思額と助成金額を差し引いた差額が大きくなり、返って「損をしてしまう」と感じることで、施工の実施を考え直してしまう可能性がある、緑化助成に関する課題が本研究によって分かった。さらに、緑化意向を属性ごとの特徴で把握するため、性別、年齢、職業、年収、趣味などを考慮した。この結果、回答者の趣味嗜好より、属性や住環境が決定要因として大きく関係していることが分かった。

(3)木質化や長寿命化による木材需要と供給の把握：都市の圏域として、都市と森林を対象とするため、愛知、岐阜、三重の三県における非木造住宅の木造化(木質化)と住宅の長寿命化による将来の木材需給量を把握・評価した。また、木材需給バランスを考慮することで、持続的に木材供給が可能な最適な森林管理区域の検討を行った。この結果、住宅による炭素固定量は、木質化(滅失した非木造住宅の3%を木造住宅に置換するシナリオ)と耐用年数2倍のシナリオにおいて235万t-Cと、他のシナリオ(BAU:現状維持、木質化の異なる条件の置換設定と耐用年数そのまま2倍のそれぞれの組み合わせ)と比較して、最も高い結果となった。また、耐用年数を2倍としたすべてのシナリオにおいて炭素固定量が増加した。これは、耐用年数が増すことで都市に残留する木造住宅が増え、解体される木造住宅が減少したためと推察される。人工林における炭素固定量は、木質化は現状維持で耐用年数が2倍のシナリオにおいて298万t-Cと最も多くなった。他方、木質化を進めると木造住宅の割合が増えることで、高齢の人工林が少なくなり炭素固定

量が減少する結果となった。また、愛知県では尾張地区に名古屋市を中心とした需要過多の市町村が集まっているため、東部から木材を輸送する必要があることが分かった。

(4)まとめ：これらの研究により、新築される建築物にどの程度の木材が再利用可能になるのかが分かると同時に、サーマルリサイクルや発電利用されるものについては、その需要と輸送距離との関係から最適な設置場所を設定し、その供給可能性を検討できるようになった。最終的に、将来を見据えた都市圏域内での循環利用促進のためのあり方が検討できるようになったのと同時に、これを達成していくための最善の方策がある程度提示できるようになったと考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 7 件)

- ① 大西暁生：ニュータウン開発による土地利用変化が地表面温度に与えた影響—港北ニュータウンによる一考察—, 都市計画報告集、査読なし、No.16、2017、82-91
- ② 前田真佐樹、大西暁生、静岡県西部地域における災害廃棄物の発生量の把握とその対策による軽減効果の検討-南海トラフ巨大地震のケース-、土木学会論文集、査読有、印刷中、2017
- ③ 臼井聖奈、佐藤真行、大西暁生、戸建住宅における緑化促進のための施策の評価・検討、土木学会論文集 G(環境)vol.72, No.5、地球環境研究論文集、査読有、24 巻、2016、I_109-I_117
- ④ 大西暁生、安藤岳洋、高分解能衛星画像を用いた詳細土地被覆情報の取得と鳥類空間分布分析への応用、日本環境共生学会第 19 回 (2016 年度) 学術大会発表論文集、査読なし、2016、274-280
- ⑤ 安藤岳洋、大西暁生、高分解能衛星画像 Geoeye-1 を用いた詳細土地被覆情報の取得精度検証と分類手法の比較—港北ニュータウンを対象として—、都市計画報告集、査読なし、No.14、2015、153-157
- ⑥ 長谷川正利、大西暁生、戸川卓也、奥岡桂次郎、谷川寛樹、都道府県別 CO₂ 排出量推計モデルの構築および太陽光発電の導入効果の検討、土木学会論文集 G(環境)vol.70, No.5、地球環境研究論文集、査読有、22 巻、2014、I_157-I_165
- ⑦ 大西暁生、前崎隆一、オブジェクト分類手法による詳細土地被覆情報の取得と地表面温度の再現性に関する研究、土木学会論文集 G(環境)vol.70, No.5、地球環境研究論文集、査読有、22 巻、2014、I_59-I_69

[学会発表] (計 26 件)

- ① 坂本美波、大西暁生、WorldView-2 を用いた詳細土地被覆情報の取得-愛知県名古屋市中心部を対象として-、日本計画行政学会・社会情報学会共催第 11 回若手研究交流会、2017/3/12、一橋大学 (東京)
- ② 渡邊望、大西暁生、愛知県名古屋市における家具のマテリアルストック需要量の将来分析-重回帰分析による検討-、日本計画行政学会・社会情報学会共催第 11 回若手研究交流会、2017/3/12、一橋大学 (東京)
- ③ 小野聡、奥岡桂次郎、谷川寛樹、建築物長寿命化シナリオに応じた都市と森林における木材ストックフローの空間分析、平成 28 年度土木学会中部支部研究発表会、2017/3/3、金沢大学 角間キャンパス (石川)
- ④ A. Onishi、K. Imai、M. Maeda、Estimation of disaster waste generated by great earthquakes along the Nankai Trough in Kochi prefecture, Japan, The 12th Biennial International Conference on EcoBalance, EcoBalance 2016—Responsible value chains for sustainability, 2016/10/3-10/6、京都テルサ(京都)
- ⑤ 大西暁生、都市熱環境解析における環境情報技術の活用、環境科学会 2016 年会、2016/9/8-9/9、東京都市大学 横浜キャンパス(神奈川県)
- ⑥ 小野聡、奥岡桂次郎、谷川寛樹、愛知県の木材ストック・フローと炭素固定量の定量化に関する研究、環境科学会 2016 年会、2016/9/8-9/9、東京都市大学 横浜キャンパス(神奈川県)
- ⑦ 臼井聖奈、佐藤真行、大西暁生、一般住宅における緑化促進に向けた施策の評価、日本計画行政学会・社会情報学会共催第 10 回若手研究交流会、2016/3/12、青山学院大学 (東京)
- ⑧ H. Sao, R. Mizuno, A. Onishi, Estimates of disaster waste and damage costs from great earthquakes along the Nankai Trough: The case of Kanagawa prefecture, 9th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, 2015/12/2-12/4、東京国際フォーラム(東京)
- ⑨ 大西暁生、佐尾博志、前田真佐樹、三重県における地震と津波による住宅の災害廃棄物量の推計-南海トラフ巨大地震のケース-、第 12 回環境情報科学ポスターセッション、2015/12/1、日本大学会館 (東京)
- ⑩ 前田真佐樹、佐尾博志、大西暁生、住宅の撤退による災害廃棄物量の軽減効果-南海トラフ巨大地震のケース-、第 12 回環境情報科学ポスターセッション、2015/12/1、日本大学会館 (東京)

- ⑪ H. Sao, K. Imai, M. Maeda, A. Onishi, Estimating residential damage costs from Tsunami of great earthquakes along the Nankai trough: The case of Kochi Prefecture, Japan, World Engineering Conference and Convention 2015, 2015/11/29-12/02, 国立京都国際会館(京都)
- ⑫ A. Onishi, M. Maeda, H. Maki, H. Sao, Estimating residential waste from great earthquakes along the Nankai Trough: The case of the western region of Shizuoka Prefecture, Japan, World Engineering Conference and Convention 2015, 2015/11/29-12/02, 国立京都国際会館(京都)
- ⑬ 今井浩二、佐尾博志、前田真佐樹、大西暁生、高知県における南海トラフ巨大地震に災害廃棄物量の発生量の推計、第 43 回環境システム研究論文発表会、2015/10/17-10/18、北海道大学(北海道)
- ⑭ 大西暁生、平野大輔、佐尾博志、奥岡桂次郎、森田紘圭、木質資源としての家具所有の実態把握、日本計画行政学会第 38 回全国大会、2015/9/18-9/20、名古屋工業大学(愛知)
- ⑮ 奥岡桂次郎、谷川寛樹、大西暁生、都市階層モデルを用いた都市圏の低物質・低炭素化に関する研究、平成 27 年度土木学会全国大会 第 70 回年次学術講演会、2015/9/16-9/18、岡山大学(岡山)
- ⑯ 大西暁生、高平洋祐、佐尾博志、森杉雅史、愛知県名古屋市における空閑地緑化による熱環境緩和効果、環境科学会 2015 年会、2015/9/7-9/8、大阪大学 吹田キャンパス(大阪)
- ⑰ 平野大輔、大西暁生、佐尾博志、奥岡桂次郎、森田紘圭、愛知県名古屋市における住宅内の家具所有台数の把握とその特徴について、第 23 回地球環境シンポジウム、2015/9/2-9/4、北海道大学(北海道)
- ⑱ H. Maki, M. Maeda, H. Sao, A. Onishi, Evaluation the amount of residential waste likely to be caused by great earthquakes along the Nankai Trough: The case of Mie prefecture, Japan, Taking Stock of Industrial Ecology -ISIE Conference 2015, 2015/7/7-7/10, Guildford (United Kingdom)
- ⑲ 佐尾博志、牧歩高、前田真佐樹、大西暁生、三重県における南海トラフ巨大地震に伴う住宅の災害廃棄物の把握、日本環境共生学会総会・地域シンポジウムポスターセッション、2015/5/30、立命館大学大阪いばらきキャンパス(大阪)
- ⑳ 大西暁生、高平洋祐、佐尾博志、森杉雅史、都市空間構造再編における空閑地の有効利用について-緑化対策による地表面温度緩和効果、日本計画行政学会・社会情報学会共催、第 9 回若手研究交流会、2015/3/7、東京工業大学大岡山キャンパス(東京)
- ㉑ 平野大輔、佐尾博志、奥岡桂次郎、森田紘圭、大西暁生、住宅内の木質家具の所有状況について、第 42 回土木学会関東支部技術研究発表会、2015/3/5-3/6、東海大学湘南キャンパス(神奈川)
- ㉒ 奥岡桂次郎、大西暁生、谷川寛樹、名古屋都市圏における木質系建設副産物の地域循環圏に関する研究、第 42 回環境システム研究論文、2014/10/4-10/5、産業技術総合研究所つくば中央事業所(茨城)
- ㉓ 岡崎奈津子、深堀英俊、奥岡桂次郎、谷川寛樹、木質循環圏における炭素ストックのシナリオ分析-北九州市周辺を対象としたケーススタディ-、第 17 回日本環境共生学会学術大会、2014/9/27-9/28、徳島大学(徳島)
- ㉔ 長谷川正利、奥岡桂次郎、大西暁生、谷川寛樹、道路の維持管理を考慮したマテリアルフローの空間分析、環境科学会 2014 年会、2014/9/18-9/19、つくば国際会議場(茨城)
- ㉕ 岡崎奈津子、谷川寛樹、奥岡桂次郎、深堀秀俊、長寿命住宅導入を想定した木質循環圏における炭素ストックのシナリオ分析、環境科学会 2014 年会、2014/9/18-9/19、つくば国際会議場(茨城)
- ㉖ 大西暁生、高平洋祐、佐尾博志、森杉雅史、都市空間構造の集約化による空閑地緑化の地表面温度低減効果、第 22 回地球環境シンポジウム、2014/9/3-9/5、中央大学駿河記念館(東京)
- [その他]
受賞等
- ① 日本計画行政学会・社会情報学会共催：第 10 回若手研究交流会、優秀賞(臼井聖奈、佐藤真行、大西暁生：一般住宅における緑化推進に向けた施策の評価、日本計画行政学会・社会情報学会共催第 10 回若手研究交流会予稿集、p.125、2016.)、2016 年 3 月。
- ② 環境情報科学センター：第 12 回環境情報科学ポスターセッション、学生の部、学術委員長賞(前田真佐樹、佐尾博志、大西暁生：住宅の撤退による災害廃棄物量の軽減効果-南海トラフ巨大地震のケース、第 29 回環境情報科学学術研究論文発表会(第 12 回環境情報科学ポスターセッション)、P24、2015.)、2015

年 12 月.

- ③ 土木学会地球環境委員会：地球環境シンポジウム優秀ポスター賞（平野大輔、大西暁生、佐尾博志、奥岡桂次郎、森田紘圭：愛知県名古屋市における住宅内の家具所有台数の把握とその特徴について、第 23 回 地球環境シンポジウム講演集、pp. 243-248、2015.）、2015 年 9 月.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大西 暁生 (ONISHI, Akio)
東京都市大学・環境学部・准教授
研究者番号：90435537

(2) 研究分担者

谷川 寛樹 (TANIKAWA, Hiroki)
名古屋大学・環境学研究科・教授
研究者番号：90304188

奥岡 桂次郎 (OKUOKA, Keijiro)
名古屋大学・環境学研究科・助教
研究者番号：90714436