

令和元年6月20日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K18831

研究課題名（和文）都市緑地の持続的な創出・維持のための木質バイオマス総合利用の評価

研究課題名（英文）Evaluation of Comprehensive Use of Wood Biomass Obtained from Urban Greens

研究代表者

寺田 徹 (Terada, Toru)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・講師

研究者番号：00619934

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、都市の緑地ストックの戦略的マネジメントに資するものとして、都市緑地から発生するバイオマスの総合利用に注目し、その評価を行ったものである。研究対象地は大都市郊外の典型的自治体として千葉県柏市を選定した。成果として、1）市民が管理する里山から平均2.2dry-t/ha程度のバイオマスが発生していること、2）管理放棄されている民有里山33.8haをケースに管理計画を立案しバイオマス発生量を推定したところ、年間61.4～163.2dry-tの発生が見込まれたこと、3）バイオマスの総合利用を行うことにより、経済性をもつ形で剪定枝や間伐材のエネルギー利用が可能であることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人口減少とそれに起因する公共部門の予算縮小が課題となる中、都市計画・まちづくりの分野では、社会資本の持続的なマネジメントのあり方が問われている。都市緑地は其中でも管理の不健全化が危ぶまれる存在であり、成熟社会に相応しい持続的な社会資本ストックを後世に引き継ぐためにも、戦略的なマネジメント方策を未然に確立する必要がある。本研究で提案した「バイオマスの総合利用」は、これまで廃棄物として処理されてきた剪定枝・間伐材等を副産物として扱うことにより、資源循環を健全化するとともに、都市緑地経営の効率化にも資するものである。今後の都市緑地計画を構想するにあたり、本研究が果たす役割は大きい。

研究成果の概要（英文）：The purpose of present study was to evaluate comprehensive use of wood biomass obtained from urban greens for their strategic management. Kashiwa city, a typical local municipality of metropolitan area of Japan, was chosen as the case study. The followings are main results of the study: 1) Satoyama woodland maintained by local citizens can produce 2.2 dry-tons of wood biomass per ha in average, 2) 61.4 to 163.2 dry-t of wood biomass can be produced by implementing management plan to the case study abandoned woodland (33.8 ha), and 3) combined use of different type of wood biomass obtained from urban greens (i.e. Comprehensive use of wood biomass) can contribute to improve economic feasibility of biomass use in urban areas.

研究分野：ランドスケープ計画、都市計画

キーワード：緑地計画 里山 バイオマス 循環型まちづくり

1. 研究開始当初の背景

都市緑地の創出やそのストックの適切な維持は、21世紀に相応しい風格ある成熟都市の形成に向けて大きな意味を持つ。都市の拡大を基調としてきた20世紀には、開発に対し極力多くの緑地を創出・保全し、得られた緑地を公共空間として維持・管理することが、緑地政策のひとつの典型であった。しかし、今後は生産年齢人口の減少により税収が減少し、維持・管理が困難となる緑地が発生する。それでもなお、質の高い緑地を創出・維持していくためには、経営的視点を含んだ戦略的な都市緑地のマネジメントが必要であり（国土交通省 2015） a)、学術の立場からも、従来とは異なる発想からの緑地の評価が求められる。

従来、都市緑地は、景観、レクリエーション、防災、環境保全の4つの公益的機能を評価することにより、各種政策に位置づけられてきた。その一方見落とされてきたのが、生物体としての緑地がもつ生産的機能である。都市緑地は、剪定等の管理により常に一定量の木質バイオマスを排出しており、バイオマスの供給源という側面をもつ。従来の評価視点が外部経済性を前提とするものである一方、バイオマス供給源としての評価では、資源利用の観点から、市場性を加味し、緑地を経営する視点を新たに示すことができる。こうした視点は、公的投資が減少する中で持続的な都市緑地の創出・維持に向けて欠かせないものと言える。

都市緑地のバイオマス利用の現状を見ると、「緑のリサイクル」に代表される剪定枝等の堆肥化が主であり、エネルギーとしての利用は十分に進められていない（寺田ら 2009 b)：東京都造園緑化業協会 2014 c)）。その一方、都市部における木質バイオマスのエネルギー利用は、2012年に始まった再生可能エネルギー固定買取価格制度の影響を受け、建築廃材の活用を中心に、近年急速に進展している。林立したバイオマス発電所では、原料が不足する事態も招いており、都市緑地のバイオマスに対しても活用の期待が高まっている（熊崎 2014 d)）。こうした状況を生かし、都市緑地のバイオマスのエネルギー利用を進展させるためには、従来の独立した利用経路ではなく、都市で発生する木質バイオマスの総合利用の元に都市緑地のバイオマス利用を位置づけることが有効だが、その具体的方策と効果に関する学術的知見は、これまでのところ見られない。

a)国土交通省（2015）：新たな時代の都市マネジメントに対応した都市公園等のあり方検討会中間とりまとめ。 <http://www.mlit.go.jp/common/001106065.pdf>

b)寺田徹・横張真・田中伸彦（2009）：大都市郊外部における緑地管理及び木質バイオマス利用によるCO2固定量／排出削減量の推定。ランドスケープ研究 72（5），723-726。

c)東京都造園緑化業協会（2014）：剪定枝葉の利用に関するアンケート。東京都環境白書 33（平成26年度版），64-74。

d)熊崎実（2014）：有望な「修景残材」のエネルギー利用。東京都環境白書 33（平成26年度版），54-57。

2. 研究の目的

以上より、本研究では、都市緑地を対象として、緑地管理時に発生する木質バイオマスを都市の中で最大限活用するための方策（バイオマスの総合利用）とその効果を示すことにより、バイオマス供給源という都市緑地の新たな役割とそのインパクトを具体的に提示することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、上記の目的を、以下の3つの研究課題を組み合わせることで達成することとした。

1) 都市住民による里山管理時のバイオマス発生量の推定

都市緑地をバイオマス供給源として評価する場合、樹林地の形態をもつ里山は他の緑地に比べてバイオマス供給上の貢献が大きく、正確な発生量の把握が必要である。その際、森林の生産量（例えば年間成長量）からみた発生ポテンシャルについては解明が進んでいるが、実際の管理によって発生しているバイオマスについては未解明である。そこで、都市住民による里山管理によるバイオマス発生の実態を極力正確に把握することを、第1の研究課題とした。

2) 都市近郊里山の再生シナリオとそのバイオマス利用の評価

公園緑地、街路樹等の管理手法が確立している一方、里山の管理についてはその多くが民有地であることから十分な知見がなく、適切な方針を定めるのが難しい。そこで、比較的面積の大きい都市近郊（市街化調整区域内）の民有里山を対象として、管理再生シナリオを単木ベースで検討し、緑地としての機能再生の視点を踏まえつつ、発生したバイオマスの有効活用について評価を行うことを、第2の研究課題とした。

3) 大都市郊外自治体におけるバイオマス総合利用の経済評価

上記2つの研究課題を踏まえた上で、様々な緑地が存在する大都市郊外の自治体を対象として、緑地由来バイオマスの総合利用について、とくに経済性という観点から評価を行うことを第3の研究課題とした。

4. 研究成果

1) 都市住民による里山管理時のバイオマス発生量の推定

都市および都市近郊において里山管理の健全化を図るには、所有者・行政・都市住民とが連

携・相互補完し、土地所有と利用との分離にもとづく管理システムを構築することが必要不可欠である。これに対して、千葉県柏市は、2011年より運営している「カシニワ制度」を通じて、都市住民を中心とする里山管理団体と里山所有者とを仲介し、里山管理の健全化を進めてきた。その一方、管理の際に発生する間伐材等のバイオマスは、園路の整備等のために一部がその場で活用されるに留まり、有効に活用されているとは言い難い。

そこで本研究では、カシニワ制度にもとづき市内の里山を管理する市民団体計9団体を対象とし、管理開始時から現在までのバイオマス発生量を推定し、バイオマスの有効利用に向けた基礎的知見を得ることを目的とした。バイオマス発生量は、切株調査と文献調査を組み合わせることにより推定した。切株調査とは、対象地内の切株を間伐の痕跡とみなし、その直径と位置を把握するものである。切株直径から胸高直径および樹高を推定することにより、立木の材積量およびバイオマスを推定した。一方文献調査は、団体が保有・記録する管理日誌を対象として行った。管理日誌には活動日の作業内容および参加人数が記録されている。このデータを用いて、年間の間伐作業従事者数を集計し、その年次変化をまとめ、得られた値で切株調査によるバイオマス発生量（管理年数分の総量）を按分することにより、年あたりのバイオマス発生量を推定した。

その結果、①計9団体のバイオマス発生量の合計値は年変動はあるが近年では20dry-t程度で安定していること（図1-a）、団体別のバイオマス発生量は管理方針や労働力により差がありバラツキが大きいこと（図1-b）、年間発生量の平均値は2.21dry-t/haであり、毎年の生産量と比較しても大差ない発生量であること（図1-c）が明らかとなった。

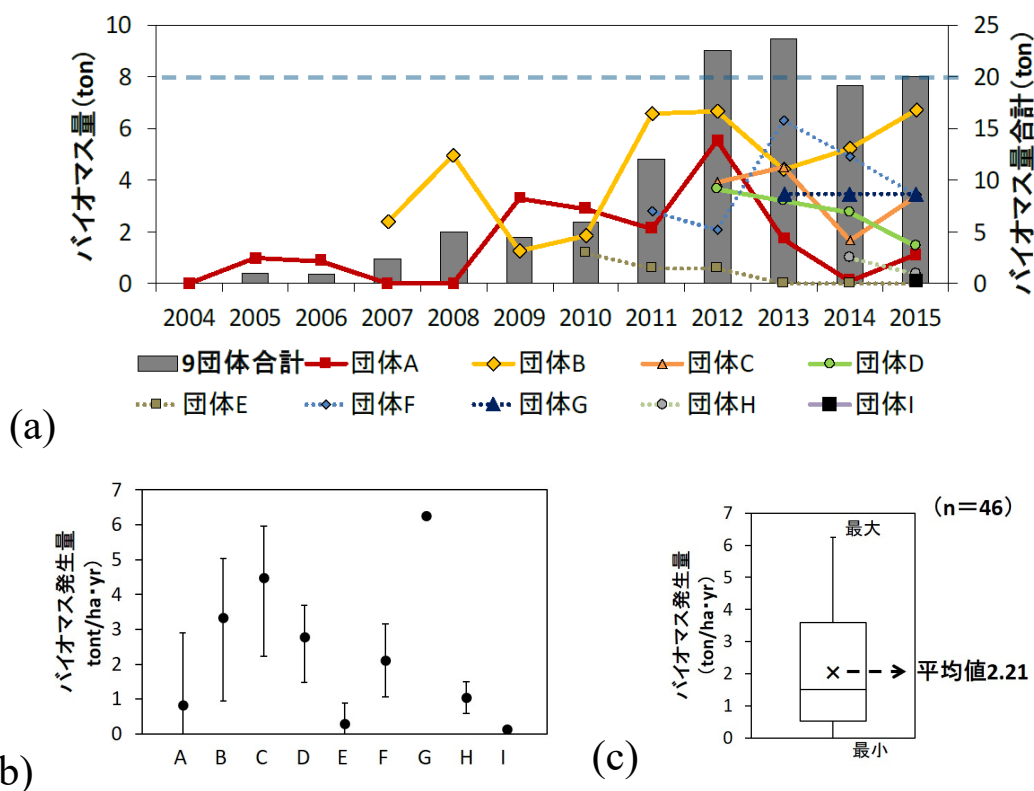


図1 柏市の里山管理団体9団体のバイオマス発生量

2) 都市近郊里山の再生シナリオとそのバイオマス利用の評価

都市近郊の里山は、市街地を取り囲むグリーンベルトとして、またリクリエーション利用や生物資源の保全と利活用を進める場として、緑地計画の枠組みの中で適正に位置付け、健全な管理が行われるべき存在である。しかし、都市近郊林としての里山管理手法は確立されておらず、また、管理の健全化と発揮される様々な生態系サービスとの関連についても、知見が不十分である。とりわけ、供給サービスとしてのバイオマスの定量化と、その利用シナリオについては、両者を合わせて検討する研究例が少ない。里山の管理と利用を一体的に捉えて、緑地計画につなげていくための知見が求められている。

そこで本研究では、大都市圏郊外都市の柏市の近郊、市街化調整区域内に位置する民有林「大青田の森 (33.8ha)」を対象として、都市近郊林としての里山管理、バイオマス発生量、その近隣住宅地での利用を一体的に考え、バイオマス発生量と利用効果を定量化した。まず、現実の樹木立地にもとづく管理シナリオを策定するため、樹木単木単位での地上部バイオマス現存量の推定を行った。具体的には、最新(2013年)の高解像度空中写真を、Photec社のStereo Viewer Proを用いて実態視判読し、樹木位置、樹高、および樹冠面積の推定を行い、得られたデータから単木単位でバイオマスを推定した。さらに、都市近郊林としての里山管理手法を3つ設定

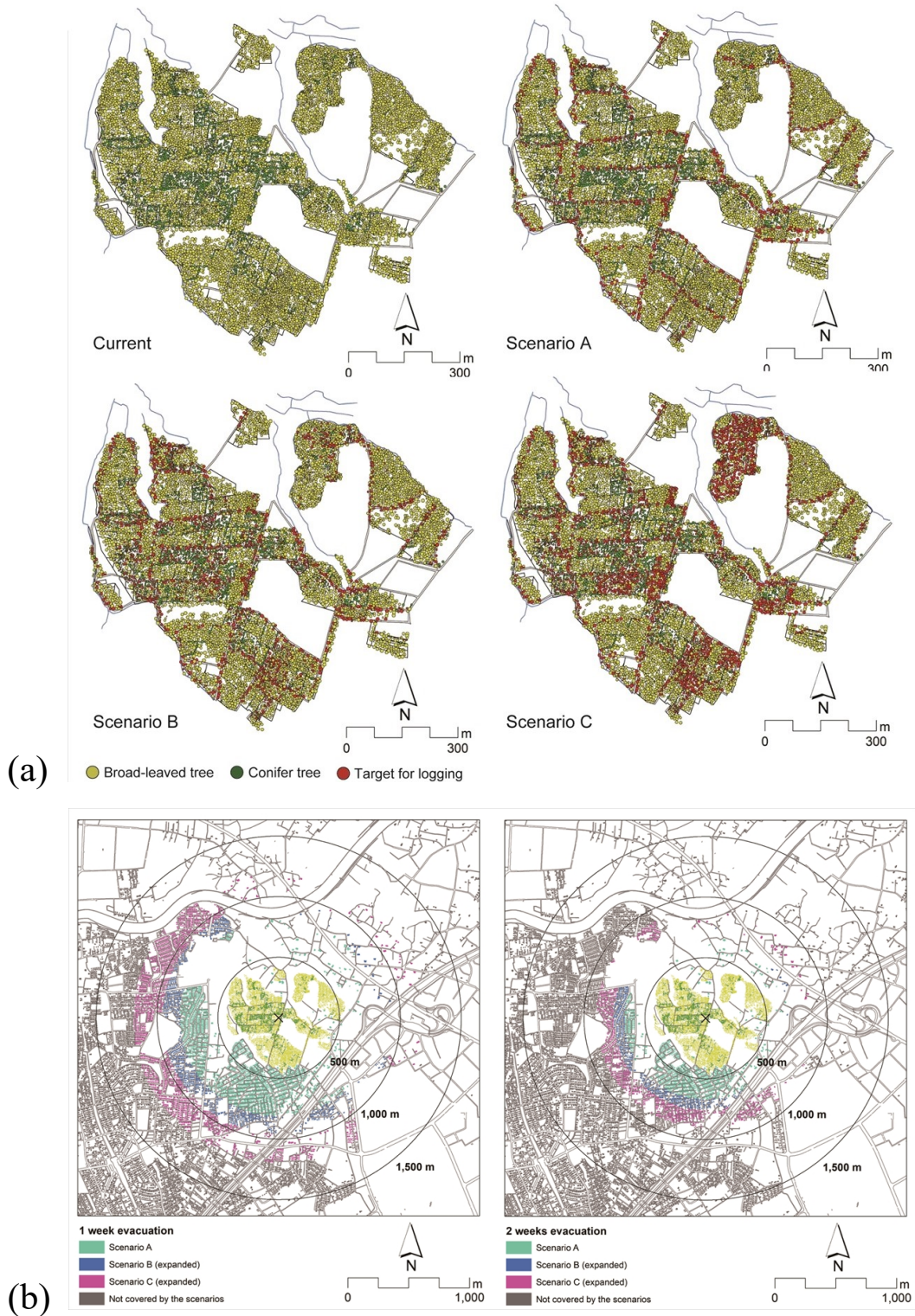


図2 都市近郊里山をケースとする管理再生シナリオと非常時のバイオマス供給

し、それら組み合わせることにより管理シナリオを3パターン構築し、伐採対象とする樹木を同定することでバイオマス発生量を推定した。発生したバイオマスについては、一年分の発生量を常に林内にストックしつつ、フローとして周囲の戸建住宅地において熱利用することを想定し、その場合の供給可能世帯数を推定した。また、災害等の非常時に、一年分のストックを避難地等で熱利用する場合の供給可能世帯数についても併せて推定した。

その結果、3つの管理シナリオ(図2-a)で61.4~163.2dry-t(蓄積量に対して2.19~5.81%)のバイオマス発生が見込め、周辺住宅地で熱利用を行う場合、21~56世帯(薪ストーブ)、10~26世帯(集中冷暖房)の需要に相当すると推定された。これらの結果から、30ha程度の都市近郊里山に対しては1街区~複数街区(戸建住宅を中心とする)の熱利用と対応させることが望ましいと考えられ、その実現に向けては、ハウスメーカーや工務店等と連携し、低炭素・エネルギー自給型の住宅地のプロトタイプとするなど、分野を横断した小規模なモデルケースを

構築することが重要である。またこのようなシナリオでバイオマスが定常的に利用された場合、非常時（1週間を想定）には、バイオマスストックを周辺の1800～4800世帯に供給可能であると推定され（図2-b）、地震災害などでエネルギー供給が遮断した際のバックアップ燃料として、ローカルなスケールでのエネルギー安全保障に資するものと考えられた。

3) 大都市郊外自治体におけるバイオマス総合利用の経済評価

林業地域とは異なり、バイオマス供給源が地域に分散して存在する郊外都市においては、公園緑地・街路樹・住宅地の庭・その他施設緑地等の剪定枝、建築解体材、および残存樹林地（里山）の伐採木等のバイオマスを総合的に利活用する視点が欠かせない。現在の日本の再生可能エネルギー政策では、剪定枝や解体廃材など廃棄物系バイオマスの回収コストが安価な一方、電力価格も安く設定されている。その一方、里山からの未利用バイオマスは回収コストが高い一方、電力価格も高く設定され、未利用材の利活用を促す形となっている。

本研究では典型的な大都市郊外自治体である千葉県柏市を対象として、バイオマスの総合利用を行う場合の経済性について評価を行なった。具体的には、空中写真による樹冠被覆面積の把握、統計資料、既往研究による発生量原単位などを組み合わせて、それぞれのバイオマスの発生量を推定した上で、電熱併給（Combined Heat and Power: CHP）のバイオマスプラントの建設運用を想定し、フィージビリティ分析を行い経済性を明らかにした。

その結果、研究対象自治体内では年間約2300dry-tの廃棄物系バイオマスがエネルギー利用可能であり、これに対して約1800dry-tの里山由来未利用バイオマスが存在すること、またそれらのバイオマスの総合利用（図3）を図った場合、里山由来バイオマスによる高い電力価格（32～40JPY/kWh）により経済性を向上させることができること、電力だけでなく熱供給による収入を組み合わせないと事業が成立しないことが明らかとなった。

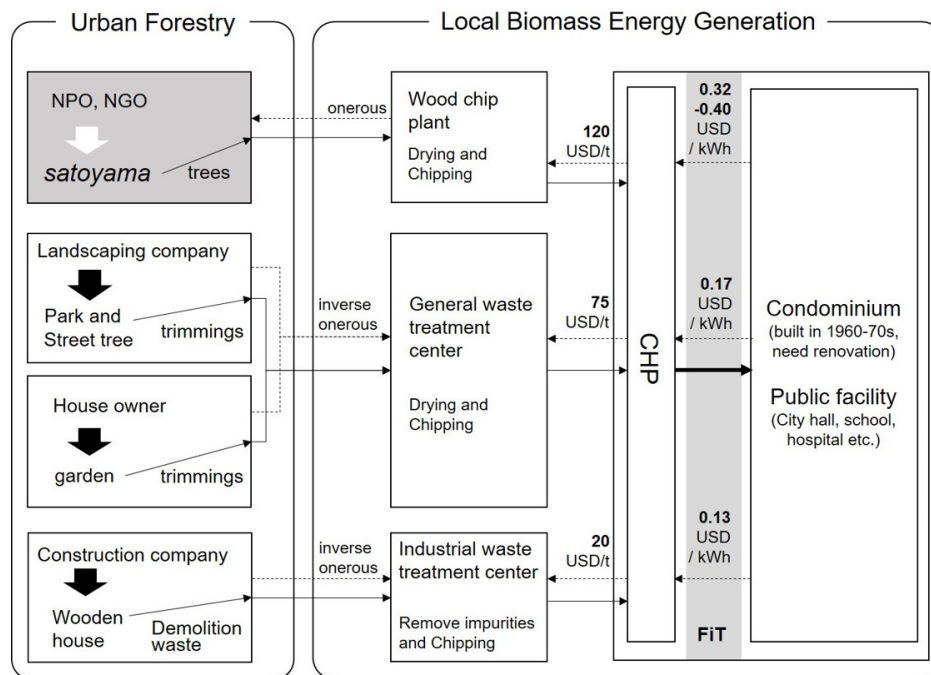


図3 大都市郊外自治体をケースとするバイオマス総合利用シナリオ

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計3件）

1. Bruckman, V. J., Haruthaithanasan, M., Miller, R. O., **Terada, T.**, Brenner, A. K., Kraxner, F., & Flaspohler, D. (2018). Sustainable Forest Bioenergy Development Strategies in Indochina: Collaborative Effort to Establish Regional Policies. *Forests*, 9(4), 223. (査読付)
2. **Terada, T.** (2017). Urban sprawl or co-existence with nature: Lessons from Japanese urban-rural mixture. *Proceedings of 2017 IFLA Asia Pacific Regional Congress*, 41-49. (査読無)
3. 小林昂太・**寺田 徹**・山本博一（2017）：都市近郊里山で活動する市民団体の管理による木質バイオマス発生の特徴. *ランドスケープ研究* 80 (5), 637-640. (査読付)

〔学会発表〕（計6件）

1. **Terada, T.** and Bruckman, V. J. (2018): Integrating Coppice Restoration and Bioenergy: Potential to Enhance Peri-Urban Satoyama Restoration in Japan. International Urban Forestry Congress 2018, October 1, 2018, Vancouver, Canada.
2. **寺田 徹**・小林昂太・山本博一 (2018): 都市近郊里山で活動する市民団体の管理による木質バイオマス発生量の特徴. 2017年度こんぶくろ池報告会, 2018.3.21, 東京大学柏キヤンパス.
3. **Terada, T.** (2017): History and current conservation practices of urban satoyama. BOKU (University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna) Institute of Forest Ecology Seminar Series Spring 2017, March 16, 2017, Vienna, Austria.
4. Onishi, T., Hayashi, M. and **Terada, T.** (2016): Wood Energy Utilization in a Large Urban Park: Case Study in Oi Central Seaside Park, Tokyo, Japan. The 15th International Landscape Architectural Symposium of Japan, China, and Korea. (October 30, 2016, Tokyo, Japan)
5. **Terada, T.** (2016): Current Japanese Biomass Policy and Promising Local-Scale Heat and Power Generation for Refueling Abandoned Urban Forest. IUFRO Regional Congress for Asia and Oceania 2016, October 24, 2016, Beijing, China.
6. **寺田 徹** (2016): これからの緑のリサイクルを考える. 平成28年度日本みどり環境リサイクル協会特別講演. 2016.7.05, 主婦会館プラザエフ.

〔図書〕（計3件）

1. **寺田 徹** (2017): 関わりのデザイン, 暮らしのデザイン—里山と人との新しい関係性を探る. 森林環境研究会 (編著) 森林環境2017, 森林文化協会, 217pp. 58-67に所収.
2. **Terada, T.** (2017): Urban periphery landscape: Dichotomization of urban and rural dimensions. In: Shimizu, H. Takatori, C. Kawaguchi, N. (Eds). Labor Forces and Landscape Management - Japanese Case Studies. Springer, Tokyo. (pp. 73-82)
3. **Terada, T.** (2017): Urban periphery planning: Concept to link urban and rural communities in the 21st century. In: Shimizu, H. Takatori, C. Kawaguchi, N. (Eds). Labor Forces and Landscape Management - Japanese Case Studies. Springer, Tokyo. (pp. 381-390)

〔産業財産権〕

- 出願状況 (計0件)
- 取得状況 (計0件)

〔その他〕

特になし

6. 研究組織

(1) 研究分担者 なし

(2) 研究協力者

研究協力者氏名: 小林 昂太

ローマ字氏名: KOBAYASHI, Kouta

※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、研究者個人に帰属されます。