

## 2021 年度 S-18 プロジェクト研究成果報告

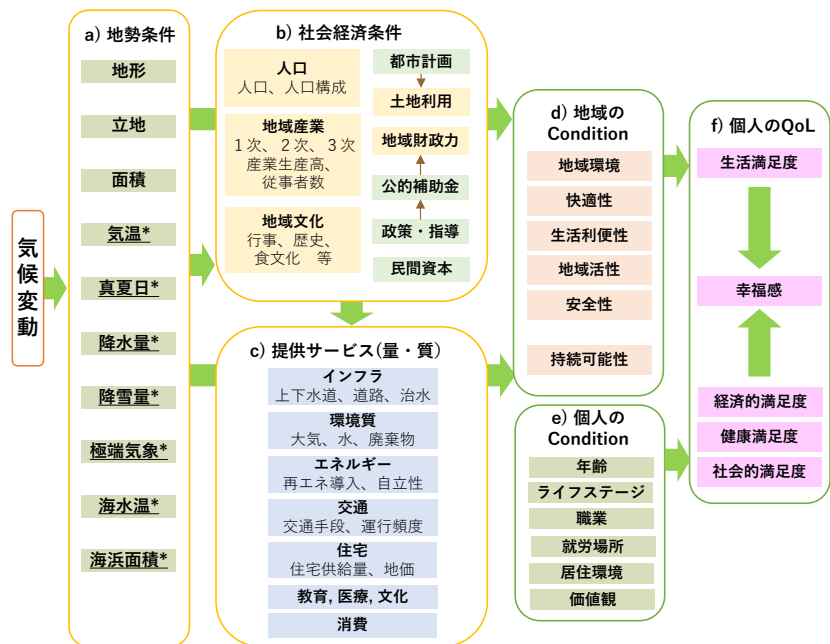
テーマ番号	S-18-4
研究課題名	国民の生活の質（QoL）とその基盤となるインフラ・地域産業への気候変動影響予測と適応策の検討と評価
研究代表者氏名	栗栖 聖

### 1. 成果の概要

#### S-18-4(1) 生活の質(QoL)から見た地域の気候変動脆弱性の評価と適応策の検討と評価（研究代表：栗栖聖）

生活の質を構成する各要素として、大きく分けて、a) 地勢条件、b) 社会経済条件、c) 提供サービス、d) 地域の Condition、e) 個人の Condition、f) 個人の QoL とし、これらが気候変動などの外的変化に基づいて影響を受けるモデルを構築した。

また、気候変動の影響評価については、各分野で個別に影響を評価するアプローチだけでなく、各地域の視点からの脆弱性評価が必要となる。当該地域が気候変動に対して脆弱かどうかを議論するためには、1) 各地域がどのような産業に依存しているか、2)



同産業の中で特定の作物や資源に依存しているか、3) 当該地域において当該作物や資源が気候変動の影響を受けやすいか、という3点から検討することが必要になる。まずは1)の点につき、人口当たりの農業産出額及び観光客数を代表指標とした。観光に関しては観光庁におけるデータは県別データに限られたため、各県の統計データを個別に当たり市町村別のデータを収集した。並行して、耕種、畜種、観光資源別地域の類型化を行った。農業に関しては農林水産省の市町村別に推計された農業産出額の統計データを用いた。観光業に関してはまずはスキー場を有する自治体を対象を絞り、同自治体に対し、観光資源台帳に記載されている24種の観光種別資源および鉄道情報システム株式会社(JRシステム)の各種観光資源データを用い、クラスター解析により類型化した。さらに、RCP2.6および8.5における降雪量(本プロジェクト内では降雪量が気候シナリオとしてまだ整備されていないため、気象庁第9巻の年降雪量データを使用)の現在降雪量からの変化分を算出し、適応策検討に向けて特に脆弱な地域を抽出した。

#### S-18-4(2) 都市インフラを対象とした気候変動影響予測と適応策の検討と評価（研究代表：谷川寛樹）

気候変動による大規模災害、内水氾濫、暑熱等に適応でき、脱炭素で資源生産性の高い持続可能な都市に再構築するための新しい知見が必要である。本サブテーマは、建築物や社会基盤施設に求

められる役割を整理し、S18 全体シナリオに基づく都市インフラを対象とした気候変動影響予測と適応策の検討と評価を行うことを目的とする。

2021 年度は、2020 年に引き続き全国における建設資材やインフラのストックデータの整備及び精緻化を行った。また、名古屋市を対象とし、想定される浸水区域や浸水深と既存の建築資材ストック量に基づいて水害廃棄物発生量を推定（図 1）したうえで、廃棄物の中間処理施設の 1 日当たりの処理能力を算定し浸水被害発生により生じた廃棄物を処理するのに要する日数を算定した。加えて、国内のコンクリート構造物を対象とした中性化反応による二酸化炭素吸収量の算定、鉄鋼生産に伴う GHG 排出量のコンセクエンシヤル LCA のためのデータ整備を行った。また、ZEB (net Zero Energy Building) ・ZEH (net Zero Energy House) の実現に向け、2050 年代における過酷気象データを作成し将来の空調エネルギー消費量の算定を行った。

さらに、得られた成果の土地利用計画や都市計画への活用を想定し、災害廃棄物の発生量の予測結果を 3 次元的に可視化する技術の開発にも着手した。

名古屋市を対象とした災害廃棄物量の分析では、名古屋市全域の廃棄物量は建築資材ストック量の 5.3%にあたる 13.4 百万トンと推計され（図 1）、浸水深別では想定浸水深 2.0~5.0m における廃棄物量が最も多くストック全体の 55.5%が廃棄物となることが推計された（図 2）。また、廃棄物の中間処理施設の 1 日当たりの処理能力は 10.8 万 t と算定され、浸水被害の処理には 130 日程度を要することが明らかとなった。コンクリート構造物の二酸化炭素吸収量に関しては、供用中のコンクリートストックによる吸収量は 2000 年前後をピークに減少するが、解体後コンクリートによる吸収量は徐々に増加することが分かり、全体では、2018 年にはセメント生産時の原料の熱分解により排出された二酸化炭素の 19.4% (400 万 t) がコンクリートにより吸収されていたことが明らかとなった（図 3）。また、国内の鉄スクラップ回収量と需要量の比較においては、2050 年まで国内の鉄スクラップ回収量は需要量より大きいと見込まれた。一方、空調エネルギー消費量に関しては、特に冷房期においては、過酷気象データにより算定された空調エネルギー消費量は、標準的な気象データによる消費量より高くなること等が明らかとなった（図 4）。

上記研究において、分析の精緻化、得られた成果の広域への拡張、適応策の有無による影響の違いの評価、吸収と排出の相殺による GHG 排出量の予測等、に取り組むことが今後の課題である。

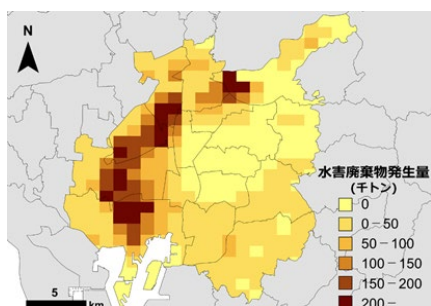


図 1. 水害廃棄物発生量\*

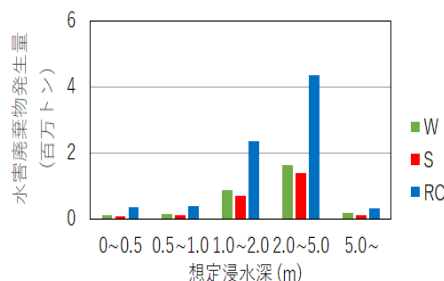


図 2. 浸水深・構造別廃棄物量\*

\*水嶋彩恵, Zhang R, GUO J, 白川博章 and 谷川寛樹, 2021, 水害による災害廃棄物量の推計とその処理能力の評価: 名古屋市における建築物を対象としたケーススタディ. 環境システム研究論文発表会講演集 = Proceedings of Annual Meeting of Environmental Systems Research vol 49 (土木学会 = Japan Society of Civil Engineers) pp 19-24

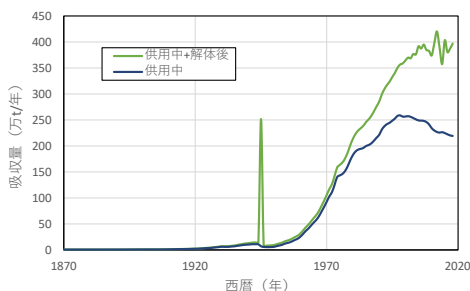


図 3. コンクリートストックによる二酸化炭素の吸収量

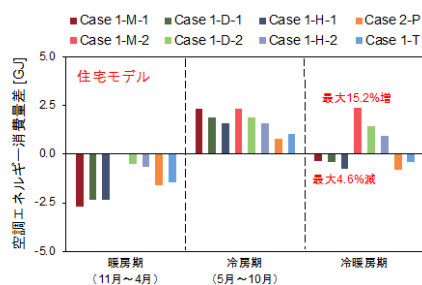


図 4. 過酷気象データに基づく空調エネルギー消費量評価（住宅モデルを例に）

## S-18-4(3) 地域の土地利用・市街地環境への気候変動影響予測と持続的再生方針の検討と評価

(研究代表：村山顕人)

### ①サブテーマの目的

本研究は、将来的な気候変動が我が国の土地利用・市街地環境に及ぼす影響を予測し、それに適応するためのシナリオ（持続的再生方針）を検討・評価することを目的とする。気候変動影響としては主に温熱環境の変化と激甚化する自然災害に着目し、ケーススタディ地域を選定して影響モデルと適応シナリオを構築する。さらに、それらのプロセスを一般化し、地域の都市計画やまちづくりに実践的に活用するための方法論を提案する。

### ②2021 年度実施内容

- 1) 気候変動緩和・適応に向けた都市の物的環境形成施策の体系的整理
- 2) CFD 解析に基づく現在・将来の都心市街地を対象とした温熱環境シミュレーション
- 3) 気候変動適応のまちづくりに向けた多主体参加型のワークショップの開催
- 4) SSP 別土地利用シナリオの行政区別将来推移を対象とした環境影響評価

### ③2021 年度の研究成果

- 1) 気候変動対策が先進的な日英仏の自治体を対象に、気候変動アクションプラン等に記載された緩和策・適応策に関する都市の物的環境形成施策を抽出し、体系的に整理・分析した。これらの各事例は緩和・適応の全体的な方針を取りまとめる「方向性提示型」と、具体的な実行手段が記載されている「実行手段提示型」の2種類のパッケージに分類できたが、施策展開の空間的な場所や範囲を表現している計画事例は限られていた。
- 2) 名古屋市錦二丁目を対象に、SSP・RCP の各シナリオに基づく市街地形態と気候条件を設定し、夏季日中における温熱環境シミュレーションを実施した。また、同年8月には同地区を対象とした環境実測を実施し、解析結果との整合性を確認した。SSP1-2.6 の持続可能なシナリオと比較して SSP5-8.5 の化石燃料依存型のシナリオは高層建築物が乱立する将来像を想定した結果、気温上昇と建築側面からの日射反射等が相まって市街地の温熱環境が悪化する状態が解析により確認された。
- 3) 名古屋市錦二丁目のエリアプラットフォーム（N2/LAB）の活動の一環として、気候変動に適応したまちづくりを推進するためのワークショップを実施した（右図）。開催にあたっては現地のエリアマネジメント会社と連携し、同地区の住民やまちづくりに関わる多様な主体が参加者となった。進行においては S-18 プロジェクト研究の成果を共有するとともに、将来的に想定される気候変動の影響やそれに適応するためのアイデアを意見交換する機会を設けた。
- 4) 日本版 SSP 別土地利用シナリオを対象に、国際対応型 LCIA 手法「LIME3」の理論に基づいて将来推移の環境影響評価を実施した。土地利用シナリオは人口と建築用地が比例することを仮定しているため、人口が減少する将来においては建築用地が減り、「生物多様性」などに対する環境影響量は減少することが見込まれる。一方で実社会においては建築用地から自然的土地利用への転換は容易ではないため、計画的な土地利用計画が求められることが示唆された。



### ④2022 年度の計画

2)について、2021 年度は将来的な気候変動影響の評価を中心に実施したが、2022 年度は具体的な適応策を導入した場合の効果検証を行う。さらに、ケーススタディ対象地を拡充して様々な市街地形態における温熱環境の変化を把握していく予定である。また 4)については、2021 年度の知見に加えて将来の水害リスクの拡大等を踏まえた土地利用計画の策定技法を検討していく予定である。

## S-18-4(4) 交通・輸送システムへの気候変動影響予測と新しいサービスの検討と評価（研究代表：加藤博和）

### ① サブテーマの目的

気候変動に伴って日本の交通・輸送システムにどのような影響が生じるかを包括的に予測し、それに対応してどのような気候変動適応策が必要になるかを示すことで、脱炭素化策と合わせた今後の交通・輸送システム整備の方向性を明らかにする。特に、気候変動によって極端気象が増加すれば、交通システムに大きな被害が発生し、従来の災害対策推進のペースでは間に合わないことが懸念されるため、その検討を重点的に行う。

### ② 2021 年度実施内容

- 1) 鉄道運行拠点の自然災害に対する危険性評価
- 2) 鉄道・高速道路の区間別災害リスク評価
- 3) ネットワーク冗長性を考慮した道路網の区間別災害リスク評価

### ③ 2021 年度の研究成果

- 1) 鉄道運行拠点の自然災害に対する危険性評価  
2020 年度に実施した路線バス営業所の災害リスク評価の手法を、全国の鉄道駅および車両基地に対して発展的に適用し、全国を対象に災害リスクを評価した。その結果、車両基地については、洪水では 35%、津波で 10%、土砂災害で 1%が長期間使用不能となる可能性があることが明らかになった。また、洪水による浸水が想定される駅は全体の 31%(2485 駅)で、そのうち 3 割にあたる 783 駅は利用者が 1 万人/日以上であり、利用の多い駅にも災害に脆弱なところが多数あることが明らかとなった。
- 2) 鉄道・高速道路の区間別災害リスク評価  
鉄道・高速道路の各区間に着目し、その災害危険性に加え、橋梁・トンネルといった土木構造物の違いによるリスクを考慮した脆弱性評価の手法を開発した。これに災害の発生確率と交通需要をかけ合わせ、区間別の災害リスク評価とした。この手法を全国の鉄道・高速道路に適用し、区間別に災害リスクを評価した。水害は橋梁被害が大きいことを加味した評価が可能となった。また土砂災害は山間部で危険性が高いことから、山間部を越えて都市間を連絡する路線でのリスクが高く評価された。
- 3) ネットワーク冗長性を考慮した道路網の区間別災害リスク評価  
交通ネットワークの各区間について、迂回路があればネットワークの道路障害リスクは大きく低減する。その要因を考慮できる区間別災害リスク評価手法を開発した。このとき、距離の長い迂回路は経路としての価値が低いことから、最短経路に比べて距離が長くなるほど小さい値となるように重み付けした経路数を、当該リンクが寸断された場合とされていない場合で計算し、その比からネットワークにおけるリンク重要度を求めてリスク評価に反映させた。愛知県内道路網に適用したところ、水害は名古屋周辺を囲むリンク、土砂災害は県東部の山間部を通る主要道路に集中していることが明らかになった。また、新規道路整備がリスクをどの程度低減するか計算できるようになった。

### ④ まとめと課題・2022 年度の計画

2021 年度は、気候変動に伴う極端気象の増加が交通システムにもたらす災害リスク増大を予測評価するために、鉄道の車両基地・駅の災害リスク評価手法を開発するとともに、鉄道・高速道路の各区間を対象とした災害リスク評価を迂回路の存在を考慮して行う手法も開発した。これによって、気候変動による全国各地の災害リスク増加が起きた場合の交通ネットワーク脆弱化度合と、強靱化対策による改善度合いを評価することを可能とした。

2022 年度は、これまでに開発した交通ネットワーク災害リスク手法を全国に適用し現況の評価を行うとともに、気候変動による変化の予測も行う。全国の道路網を対象とした災害リスク評価は 2021 年度実施予定であったが、使用データの再検討が必要となったため 2022 年度に延期した。それを実施したうえで、適応策の効果（リスク値低減や期待被害額減少）の定量評価

を実施する。また、交通システムの災害リスク増加が QOL に及ぼす影響に関する評価手法の開発を進める。

極端気象増加以外の影

響の検討として、2020 年度に行った海水浴・スキーのための交通需要の影響予測を見直すとともに評価対象も広げる。加えて、海面上昇や積雪変化による交通需要やネットワーク障害への影響に関するモデル化を行う。

## 2. 成果一覧（予定を含む）

○学術論文（国内誌 10 件、国際誌 8 件）

<査読あり>

- 1) Cheng L, Maruyama I and Ren Y, 2021, Novel accelerated test method for RH dependency of steel corrosion in carbonated mortar. *Journal of Advanced Concrete Technology*, 19 207-15.
- 2) Guo J, Fishman T, Wang Y, Miatto A, Wuyts W, Zheng L, Wang H and Tanikawa H, 2021, Urban development and sustainability challenges chronicled by a century of construction material flows and stocks in Tiexi China. *Journal of Industrial Ecology*, 25 162-75.
- 3) Luge C and Maruyama I, 2021, Evaluation of electrical resistivity of carbonated mortar under different RH conditions. *Proceedings of the Japan Concrete Institute*, 43 485-90.
- 4) Miatto A, Dawson D, Nguyen P D, Kanaoka K S and Tanikawa H, 2021, The urbanisation-environment conflict: Insights from material stock and productivity of transport infrastructure in Hanoi, Vietnam. *Journal of environmental management*, 294 113007.
- 5) Panasiuk, D., Daigo, I., Hoshino, T., Hayashi, H., Yamasue, E., Huy, T. D., Sprecher, B., Shi, F., Shatokha, V., 2022, International comparison of impurities mixing and accumulation in steel scrap. *Journal of Industrial Ecology*, Available online 18 February 2022.
- 6) Ren Y, Maruyama I, Tomoyose A and Kurihara R, 2022, Effect of temperature on the hydration of ordinary Portland cement and the pozzolanic reaction of volcanic glass powder. *Cement Science and Concrete Technology*, 75 166-73.
- 7) Ren Y, Maruyama I, Tomoyose A and Umeki S, 2021, Fundamental research on estimation of compressive strength of hardened cement paste mixed with volcanic glass powder. *Proceedings of the Japan Concrete Institute*, 43 167-72.
- 8) Tanikawa H, Fishman T, Hashimoto S, Daigo I, Oguchi M, Miatto A, Takagi S, Yamashita N and Schandl H, 2021, A framework of indicators for associating material stocks and flows to service provisioning: Application for Japan. *Journal of Cleaner Production*, 1990-2015 285 125450.
- 9) 山下奈穂, 加用千裕 and 谷川寛樹, 2021, 木造住宅と森林の木材需給を考慮した炭素ストックのシナリオ分析. *環境科学会誌* 34 184-95 Online: <https://ci.nii.ac.jp/naid/130008069715/ja/>
- 10) 山下奈穂, 郭静, 白川博章 and 谷川寛樹, 2021, 物質ストックを考慮した資源生産性の要因分解の実証研究 : 住宅におけるケーススタディ. *環境システム研究論文集 = Environ. Syst. Res.* 49 II\_23-31 Online: <http://ci.nii.ac.jp/naid/40022800128/ja/>
- 11) 保坂朋輝, 山崎潤也, 吉田崇紘, 似内遼一, 真鍋陸太郎, 村山顕人, 2022, 英仏自治体にお

ける都市計画関連分野の気候変動適応策の枠組み：8つの先進的な Climate Change Action Plans の施策内容分析から，都市計画論文集，Vol. 57, No. 1, pp. 138-150

<査読なし>

- 1) 水嶋彩恵, Zhang R, GUO J, 白川博章 and 谷川寛樹, 2021, 水害による災害廃棄物量の推計とその処理能力の評価：名古屋市における建築物を対象としたケーススタディ. 環境システム研究論文発表会講演集 = Proceedings of Annual Meeting of Environmental Systems Research vol 49 (土木学会 = Japan Society of Civil Engineers) pp 19-24
- 2) 森田大登, 深堀秀敏, 郭静, 白川博章 and 谷川寛樹, 2021, 4d-GIS と機械学習を用いた建築物ストックの解体现象のモデル化：福岡県北九州市を対象としたケーススタディ. 環境システム研究論文発表会講演集 = Proceedings of Annual Meeting of Environmental Systems Research vol 49 (土木学会 = Japan Society of Civil Engineers) pp 31-6
- 3) 吉田英立, GUO J, 白川博章 and 谷川寛樹, 2021, GIS データベースの拡充と日本全国の建築物に関する物質ストック・フローの動態分析. 環境システム研究論文発表会講演集 = Proceedings of Annual Meeting of Environmental Systems Research vol 49 pp 25-30
- 4) 松永就朗, 大野悠貴, 加藤博和, 2021, 気候変動による行楽施設の来場者数及びアクセス交通量の変化予測, 土木計画学研究・講演集, Vol. 63
- 5) 田島治希, 加藤博和, 大野悠貴, 高山芳樹, 2021, 脆弱性と重要性を考慮した乗合バス営業所の災害リスク評価手法, 土木計画学研究・講演集, Vol. 63
- 6) 高山芳樹, 松永就朗, 大野悠貴, 加藤博和, 2021, 気候変動によるスキー場・海水浴場の来場者数, 日本環境共生学会第 24 回学術大会発表論文集
- 7) 【予定】高山芳樹, 加藤博和, 朴秀日, 田島治希, 2022, 迂回距離を考慮した道路ネットワークの水害・土砂災害リスク評価手法, 土木計画学研究・講演集, Vol. 65

○学会・シンポジウム等における発表 (国内 10 件、国外 1 件)

<口頭発表>

- 1) 今井葉子・栗栖聖, 2021, 全国自治体における気候変動影響の認知と適応策の実施状況. 環境科学会 2021 年会, 2D-1445 (オンライン開催).
- 2) 梅野凌矢・栗栖聖・福士謙介, 2021, 市民の環境配慮行動促進を目的とした全国自治体の取り組みの現状と課題. 環境科学会 2021 年会, 2D-1500 (オンライン開催).
- 3) 渡辺一生・栗栖聖・福士謙介, 2021, 気候変動の地域観光業への影響に対する全国自治体における認知の評価. 環境科学会 2021 年会, 2D-1530 (オンライン開催).
- 4) 【予定】伊藤ちひろ, 小田健士朗, 飯塚悟, 2022, 頻発する過酷気象を考慮する気象データの開発 (その 2) 将来気象予測に基づくデータ開発と建物エネルギー性能評価への応用. 2022 年度日本建築学会大会
- 5) Yoshida, T., Yamasaki, J., Murayama, A., 2021, Time-framing in Urban Systems Design for Carbon Neutral, Climate Resilient and Post Covid-19 Conscious. INFRATIME Online Seminar Series (Online).
- 6) 山崎潤也, 福山遼平, 似内遼一, 真鍋陸太郎, 村山顕人, 2022, 日本版 SSP 別土地利用シナリオの行政区域別将来推移を対象とした環境影響評価, 第 17 回日本 LCA 学会研究発表会 (オンライン開催)
- 7) 高山芳樹, 加藤博和, 田島治希, 大野悠貴, 2021, 鉄道網の洪水・土砂災害に対するリスクの簡易評価手法, 令和 3 年度土木学会中部支部研究発表会 (オンライン開催)

#### <ポスター発表>

- 1) 太田裕也, 吉田英立, 郭静, 白川博章 and 谷川寛樹 2021 GIS を用いた建物同一判定に基づく建設にともなう環境負荷の評価 -関東地方におけるケーススタディ-. 第49回環境システム研究発表会 (オンライン開催)
- 2) 齋藤隆成, 2021, 衛星画像を用いた畳み込みニューラルネットワークによる建物延床面積推計 に関する研究. 2021年度環境情報科学 研究発表大会 (オンライン開催)
- 3) 玉崎美結, 2021, 名古屋市中心部における建設資材ストックと構造種割合の変遷 2021年度環境情報科学 研究発表大会 (オンライン開催)
- 4) 吉田英立, 白川博章 and 谷川寛樹, 2021, 関東一都六県の浸水想定区域における建設資材ストック・フローの動態分析. CSIS DAYS (オンライン開催), 「全国共同利用研究発表大会」

#### ○「国民との科学・技術対話」の実施

- 1) 栗栖聖, 2021, 日常生活から環境負荷を減らすには, 東京大学U-Talk (2021年7月10日, オンライン開催)
- 2) 栗栖聖, 2021, 市民の消費活動における環境配慮行動, 日本LCA学会 環境教育研究会 第32回研究会 公開セミナー (グリーン購入ネットワーク共催) 「市民と地方公共団体の消費活動に関する環境配慮行動と課題を考える」 (2021年7月12日, オンライン開催)
- 3) 藤田壮, 木内望, 村山顕人, 2021, 気候変動にどう立ち向かうか? まちづくり分野の緩和策・適応策を考える, 東京大学まちづくり大学院イブニングセミナー (2021年4月26日, オンライン開催)
- 4) 村山顕人, コロナで変化する都市空間について: いかにか“Green Recovery”するか, 脱炭素社会推進会議複合災害対応タスクフォース公開研究会 (2022年1月18日, オンライン開催)
- 5) 村山顕人, 2022, 脱炭素を実現するサステナブルシティとは, シティラボ東京サステナブルシティサミット II (2022年2月5日, オンライン開催)
- 6) 村山顕人, 山崎潤也, 2022, 錦2丁目エリアプラットフォーム (N2/LAB) ワークショップ#5 「気候変動その1」, (2022年2月22日, オンライン開催)
- 7) 村山顕人, 小さなプロジェクトから街を変える, LIFORT シンポジウム (2022年3月6日, 前橋市広瀬町)

#### ○新聞・雑誌記事等

特に記載すべき事項はない。

#### ○知的財産権

特に記載すべき事項はない。

#### ○受賞等

特に記載すべき事項はない。