

## 2020 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

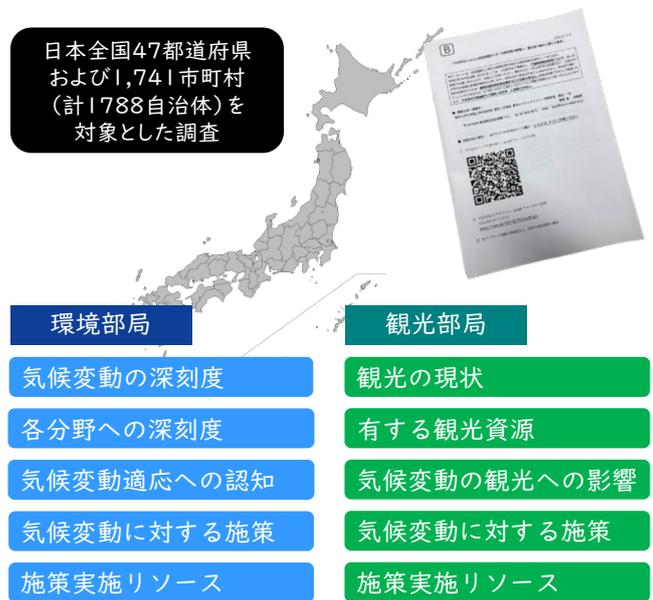
#### サブテーマ 4(1) 生活の質(QoL)から見た地域の気候変動脆弱性の評価と適応策の検討と評価（研究代表：栗栖聖）

日本各地域が気候変動によって被っている影響および適応策の実施状況を概観するため、全国 47 都道府県を含む市町村計 1,788 の地方自治体に対しアンケート調査を実施した。調査は総務部を通じて環境部局、観光部局に対し実施し、いずれも 6 割強の回答率を得た。

環境部局に対し実施した調査では、気候変動適応の認知を尋ねたが、「よく知っている」および「大体よく知っている」は計 53.0%に留まり、全体の約半数の回答が「あまり知らない」「初めて聞いた・知らない」となった。気候変動の影響では、「豪雨・ゲリラ降雨」「年間平均気温の上昇」「熱波・猛暑」が特に深刻と捉えられていた。また分野では「農業分野」「河川災害」「山地災害」「熱中症などの増加」が深刻と認知されていた。実施されている取り組みの中では、ソフト面での取り組みである「警報発令システム」「ハザードマップ」「市民啓発活動」などの実施率が高く、施設面でのハードな対策は実施率の低い状況が顕著にみられた。

観光部局に対し実施した調査では、特に「スキー・スノーリゾート」を観光資源として有する自治体において「冬の気温の上昇」が深刻と捉えられていた。これらの自治体の中には「高原」や「温泉」といった他の観光資源を有する自治体とそうでない自治体があり、対象とする自治体が有する観光資源の多様性によって、検討しうる適応策が異なり得ることが示唆された。これらの調査に加え、QoL を構成する要素間の関係性および階層構造を検討し、各変数を記述する代表指標を検討した。

2021 年度は各地域における地域産業、観光資源について、それらを示す客観的データを収集し、各地域を類型化すると共に、類型に応じた気候変動影響を評価する。また、QoL 記述指標の客観的データを収集し、それらを整理し、互いの関係性をモデル化する。同モデルにより第一次共通シナリオの評価に供する。



#### サブテーマ 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）

都市における主要インフラストックが気候変動により被る影響を示すと共に、その被害を削減する具体的な施策を検討して提案するため、サブテーマ 4-2 では、2020 年度はまず基幹データベースとして、建築物・社会基盤施設の時空間・物質ストック・フロー分析用データベース(MSFA-DB)の精緻化・構築を行った(名古屋大学)。全国を対象に、建築物と社会基盤(道路、上下水道他)の情報を構造別(木造、RC 造、S 造、SRC 造等)、用途別、建設年代別に整備していた(図 1 参照)。次年度はこのデータベースの更新、拡張を進めつつ、同一構造種でも建設年代により設計基準の違いで災害に対する脆弱性が異なることを考慮し、構造物の適応可能性を検討する予定である。

また、建設材料の耐久性等の評価に関する基礎を調査した(東京大学)。コンクリートと鉄鋼材を対象として、適応シナリオに影響を与える材料性能を評価した。気温の上昇、降雨の増大、CO<sub>2</sub>濃度の増大によるコンクリート構造物の炭酸化速度の増大とストック構造性能変化へ及ぼす影響を検討した。鉄鋼材は、蓄積されている形鋼や棒鋼の組成状況を明らかにし、Cu など不純物元素に起因する阻害要因が機械的特性に与える影響を検討した。分析の結果、現在の不純物元素の濃度は鉄鋼材の性能に問題がないことが明らかとなったが、鉄スクラップは国際的に流通するため将来の濃化の推計が必要である。今後は上記の研究成果を基礎とし、MSFA-DB を活用してコンクリートと鉄鋼材のリサイクルポテンシャルについても検討を進める予定である。

さらに、気候変動が都市の暑熱環境に及ぼす影響を評価した(名古屋大学)。MSFA-DB を用いて平均建物容積比熱など都市パラメータを推計し、街区・建物スケール(1km×1km メッシュ)の暑熱環境を予測するモデルを開発した。集約型都市構造モデルの作成で、愛知県の都市域を中心拠点地域・拠点地域・郊外地域・撤退地域に分類した。このモデルを活用して、住み替え需要に空き家を活用した場合の都市暑熱環境を評価した。その結果、2050年の愛知県における都市域の夏季平均気温は、空き家を活用しない場合に比べて気温が低下する可能性があることがわかった(図2参照)。これは空き家を活用した場合、新築した場合と比較して都市の熱容量が増加しないことが原因だと考えられる。空き家も含め都市に賦存する様々な資源・資産の地域に応じた利活用の検討が必要である。

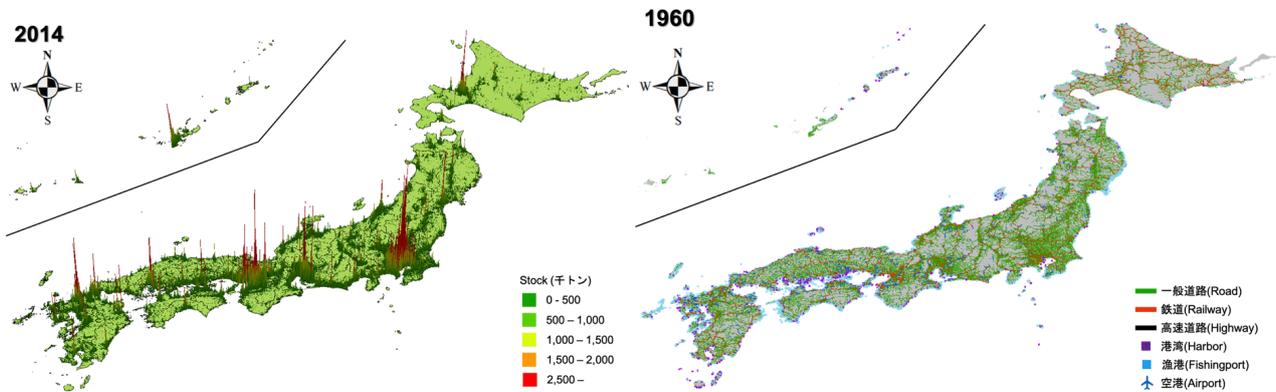


図1. 建設資材ストックメッシュデータ(1km)(左：建築物,2014,2016；右：社会基盤施設,1960-2020)

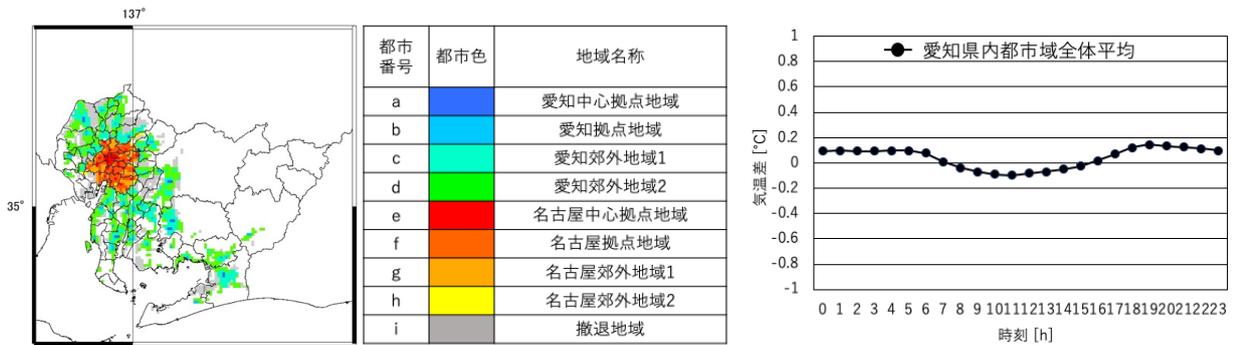


図2. 愛知県の都市域の分類と県内都市域全体予測した2050年平均気温差(地上2m)

### サブテーマ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。

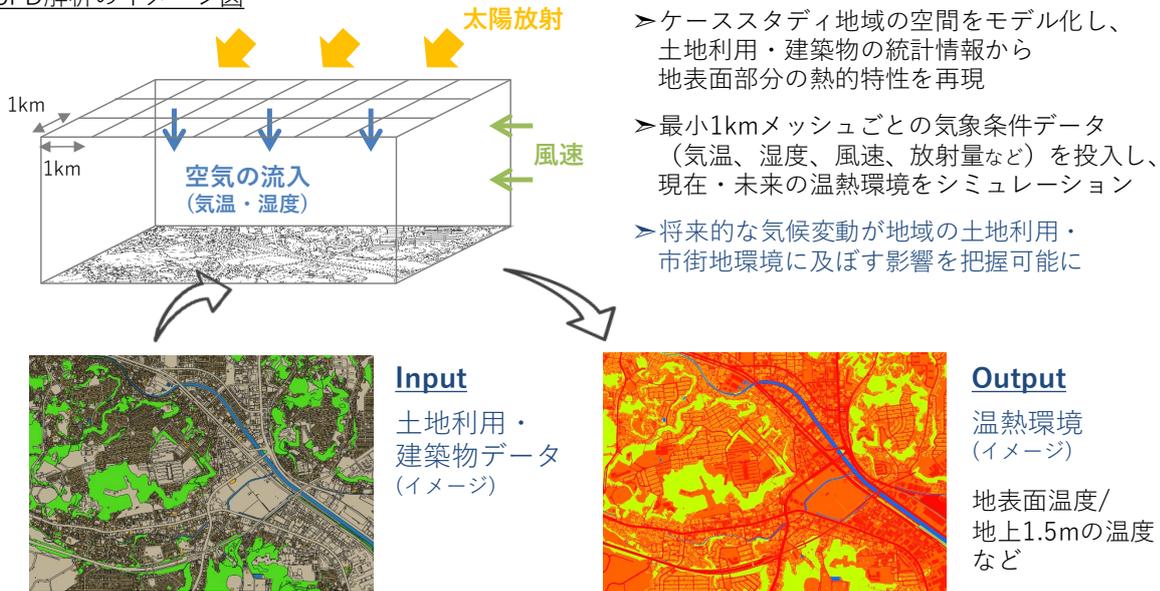
## ② 2020 年度実施内容

第一に、気候変動適応策を反映した都市計画に関する国内外の先進事例を調査した。第二に、気候変動影響をモデル化する初段階として、地域の温熱環境シミュレーションを実施するための研究準備を行った。具体的には、日本全国から街区・地区・都市など様々なスケールのケーススタディ対象地域を選定し、各地域における統計情報の収集・整理を行った。

## ③ 2020 年度の研究成果

第一に、欧州都市の先進的な気候変動適応計画の体系的整理、また国内都市の気候変動適応計画・SDGs 関連計画の実態把握を行った。第二に、温熱環境シミュレーションを活用した研究枠組みの構築を行った。本研究では、数値流体力学（CFD）の技術を活用して現在・未来の温熱環境を予測し、各々の地域特性に応じた適応シナリオを構築することを計画している。2020 年度は、その準備段階としてケーススタディ対象地域のモデル化などを行った（下図）。

### CFD解析のイメージ図



土地利用（アスファルト/緑地/水面）、建築物（木造/コンクリート）などの熱力学的な特徴をモデル上の物性値で表現

アスファルト、コンクリート上では地表面温度が高いなどの結果が想定され、将来的に熱ストレスの高まる地点を予測

## ④ 2021 年度の計画

将来的な温熱環境変化が地域に及ぼす影響を予測するために、上記シミュレーションを実施する。また、将来的な自然災害が地域に及ぼす影響を予測するために、テーマ3と共同することで水害ハザードエリアの拡大などによる市街地への影響を推計する。

### サブテーマ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

将来気候変動によって水害や土砂災害が増加・強化すれば、従来のペースでの交通網見直しでは追いつかないことが懸念される。本研究では、気候変動緩和策としての脱炭素化はもとより、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となるかについての方向性を明らかにする。

#### ② 2020 年度実施内容

1) 気候変動が交通・輸送システムに及ぼす影響フローの提示

- 2) 全国の公共交通運行拠点を対象とした自然災害リスク評価
- 3) 対策優先度を考慮した公共交通運行拠点の自然災害に対する脆弱性評価
- 4) 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
- 5) 将来予測に用いる次世代モビリティ技術・サービスの整理

### ③ 2020 年度の研究成果

- 1) 気候変動が交通・輸送システムに及ぼす影響フローの提示  
気候変動が交通・輸送システムに及ぼす諸影響を網羅的に整理するため、既往研究や事例をもとに、極端気象の増加や海面上昇、気温上昇が交通・輸送システムの災害リスク増加・交通需要変化に至るまでの影響フローを作成した。
- 2) 全国の公共交通運行拠点を対象とした自然災害リスク評価  
全国の乗合バス運行拠点（営業所）2,375 か所と、鉄道運行拠点（旅客用車両を扱う車両基地）487 か所を対象に、所在地と所属台数・両数のデータ収集を行い、GIS 上で扱えるようデータ整備をしたうえで、ハザードマップ等から洪水・津波・土砂災害の被災リスク有無を判定した。その結果、乗合バス運行拠点では特に洪水について、約 42%の営業所に浸水リスクが存在しており、その多くが東名阪の都市部であることを確認した。鉄道運行拠点についても、都市部の車両基地では洪水リスクが多いことを確認した。
- 3) 対策優先度を考慮した公共交通運行拠点の自然災害に対する脆弱性評価  
洪水・津波・土砂災害による公共交通運行拠点への影響度と、各災害の規模・発生確率から、公共交通運行拠点の「脆弱性」を算出した。次に、所属台数・両数や従業員数、整備設備の有無等による運行拠点の規模と、利用者数や沿線人口を考慮した地域への影響度から、公共交通運行拠点の「重要性」を算出し、対策優先度を考慮した公共交通運行拠点の自然災害に対する脆弱性評価手法を開発した。ケーススタディとして、「脆弱性」「重要性」の評価指標に必要なデータが入手できた愛知・岐阜・三重 3 県の乗合バス営業所を対象に、災害リスクの高い営業所を明らかにした。
- 4) 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  
気候変動による影響が大きいスキー場と海水浴場を対象に、気温・降水量、台風の接近回数、積雪深、営業日、営業状況のデータから来場者数に影響を及ぼす要因を特定し、将来気候シナリオを適用することで来場者数と各施設アクセス交通量の変化予測手法を開発した。ケーススタディとして、必要データが入手できた岐阜県内のスキー場と静岡県内の海水浴場を対象に来場者数及びアクセス交通量の変化予測を行い、MIROC の RCP8.5（2081～2100 年）シナリオ下においては、スキー場と海水浴場のいずれも来場者数が約 8 割減少し、アクセス交通量は約 8～9 割減少した。
- 5) 将来予測に用いる次世代モビリティ技術・サービスの整理  
次世代モビリティとして提案されている各種技術・サービスの概要と普及・実装状況を網羅的に整理した。加えて、それらを使用する際に発生する二酸化炭素排出量の変動要因を特定するため、製造から使用、維持管理、廃棄までの LCA プロセスツリーを作成した。これらは、将来予測に必要な基礎データとして、次年度より活用していく。

### ④ まとめと課題

本年度、公共交通運行拠点の脆弱性評価は乗合バスを先行して行ったが、鉄道についても評価指標に必要なデータの収集を進めており、次年度に脆弱性評価を行う。

行楽施設の来場者数及びアクセス交通量の変化予測は、データ入手の制約上、ケーススタディにとどまっている。現在、全国データの入手を進めており、次年度に全国レベルで行う予定である。

## 2. 成果一覧（予定を含む）

○学術論文（国内誌 1 件、国際誌 8 件）

<査読あり>

- 1) 齋藤隆成, 平井千津子, 芳賀智宏, 松井孝典, 白川博章, 谷川寛樹: 土木学会論文集 G (環境), 76, 6(2020) 衛星夜間光情報に基づく深層学習による建築物の延べ床面積推計に関する研究.
- 2) Wendy Wuyts, Raphael Sedlitzky, Masato Morita, Hiroki Tanikawa: Sustainability, 2, 13 (2020) Understanding and managing vacant house in support of a material stock type society-The case of Kitakyushu,

Japan.

- 3) Hiroki Tanikawa, Tomer Fishman, Seiji Hashimoto, Ichiro Daigo, Masahiro Oguchi, Alessio Miatto, Shigesada Takagi, Naho Yamashita, Heinz Schandl: Journal of Cleaner Production, 285 (2020) A framework of indicators for associating material stocks and flows to service provisioning: Application for Japan 1990–2015.
- 4) L. Cheng, I. Maruyama, Y. Ren, Novel Accelerated Test Method for RH Dependency of Steel Corrosion in Carbonated Mortar, J. Adv. Concr. Technol. 19 (2021) 207-215. doi:10.3151/jact.19.207.
- 5) Ichiro Daigo, Keijiro Tajima, Hideo Hayashi, Daryna Panasiuk, Kentrao Takeyama, Hideki Ono, Yoshinao Kobayashi, Kenichi Nakajima, Takeo Hoshino: Potential Influences of Impurities on Properties of Recycled Carbon Steel. ISIJ International. 61 (1), (2021) 498-505. DOI: 10.2355/isijinternational.ISIJINT-2020-377
- 6) Yamasaki, J., Itsubo, N., Murayama, A., Nitani, R., 2021, Eco-efficiency assessment of 42 countries' administrative divisions based on environmental impact and gross regional product, City and Environment Interactions, 10, 100061.

#### < 査読なし >

- 1) 加藤博和, 大野悠貴, 高山芳樹, 田島治希, 松永就朗, 2020, 気候変動が交通システムに及ぼす影響と適応策の全体整理, 土木計画学研究・講演集, Vol.62
- 2) 【予定】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
- 3) 【予定】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

#### ○学会・シンポジウム等における発表 (国内 13 件、国外 0 件)

##### < 口頭発表 >

- 1) 吉田英立、白川博章、谷川寛樹、環境科学会 2020 年会(2020) 同一性判定システムを用いた浸水想定区域における建設資材ストック・フロー分析・東京都市圏におけるケーススタディー
- 2) 森田大登、白川博章、谷川寛樹、環境科学会 2020 年会(2020) 建築物解体に伴うコンクリート塊の需給バランスの将来予測
- 3) 山田久太、白川博章、谷川寛樹、深堀秀敏、環境科学会 2020 年会(2020) 木材の地産地消を考慮した都市と人工林の炭素ストック量の将来推計ー福岡県北九州市におけるケーススタディー
- 4) 水嶋彩恵、白川博章、谷川寛樹、環境科学会 2020 年会(2020) 浸水深別被害率を用いた洪水浸水被害による水害廃棄物発生量の推計・名古屋市におけるケーススタディー
- 5) 松代竜毅、山下奈穂、白川博章、谷川寛樹、環境科学会 2020 年会(2020) 日本におけるストック由来の建設廃棄物量の推計
- 6) 岩下樹、吉田英立、白川博章、谷川寛樹、環境科学会 2020 年会(2020) 名古屋市中心部における洪水浸水地域の建設資材ストック推計
- 7) 山田久太、白川博章、谷川寛樹、深堀秀敏、グリーンインフラネットワークジャパン(2020) 木造住宅の地産地消が人工林の炭素ストックに与える影響ー福岡県北九州市におけるケーススタディー
- 8) 齋藤隆成、平井千津子、芳賀智宏、松井孝典、白川博章、谷川寛樹平井千津子、芳賀智宏、松井孝典、白川博章、谷川寛樹、第 48 回環境システム研究発表会(2020) 衛星夜光情報に基づく深層学習による建築物の延床面積推計に関する研究
- 9) 大西圭祐、武山健太郎、醍醐市朗、星野岳穂: 鉄鋼材の使用済み回収率分析における不確実性の低減手法の構築. 日本鉄鋼協会第 181 回春季講演大会, 2021 年 3 月 17 - 19 日, オンライン, CAMP-ISIJ Vol.35 No.1 (2021)-PS-23

- 10) 木本悠介、武山健太郎、醍醐市朗、星野岳穂: PSS 導入による社会全体における天然資源消費削減効果評価手法の構築. 第 16 回日本 LCA 学会研究発表会, 2021 年 3 月 3-5 日, オンライン, (2-D1-04)
- 11) 山崎潤也, 2021, 域内総生産と環境影響に基づく全国市区町村の業種別環境効率評価. 第 16 回日本 LCA 学会研究発表会 (オンライン開催)
- 12) 松永就朗, 大野悠貴, 加藤博和, 2020, 気候変動によるレジュー施設の来場者数及びアクセス交通量の変化予測, 令和 2 年度土木学会中部支部研究発表会 (オンライン開催)
- 13) 島治希, 加藤博和, 大野悠貴, 高山芳樹, 2020, 乗合バス営業所の脆弱性と重要性を考慮した災害リスク評価手法, 令和 2 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>

特に記載すべき事項はない。

○「国民との科学・技術対話」の実施

- 1) 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)

○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。