

令和 5 年 6 月 12 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02332

研究課題名（和文）流域レジリエンスに向けた雨水浸透・貯留・流出抑制型緑地管理システムの構築

研究課題名（英文）Green space management system for watershed resilience based on control of rainwater infiltration/storage/runoff

研究代表者

高取 千佳（Takatori, Chika）

九州大学・芸術工学研究院・准教授

研究者番号：10736078

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,600,000円

研究成果の概要（和文）：近年全国各地において、集中豪雨や台風等の水害の激甚化に対し、流域単位でグリーンインフラとしての緑地の雨水浸透・貯留・流出抑制機能を活かしながら、居住・生産空間のレジリエンスを向上させることは、21世紀の根幹的課題である。本研究では、近年甚大な氾濫被害のあった福岡・名古屋都市圏を対象とし、流域レジリエンスに向けた雨水浸透・貯留・流出抑制型緑地管理システムの構築に向け、(1)流域緑地類型を行い、(2)緑地類型別の三次元構造と管理レベルの相関を分析し、(3)緑地類型別・管理レベルごとの雨水浸透・貯留・流出抑制機能を評価し(4)流域レジリエンスに向けた緑地管理システムの構築の基礎的知見を整理した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、汎用技術としての将来の流域レジリエンスに向けた緑地管理システムの構築を行うものである。得られた成果は、流域単位での人口減少下において投下可能な管理作業量を算出し、緑地類型別・管理レベルの予測評価を行うとともに、将来の豪雨時の脆弱性評価を行うことで、地域での議論の土台となる。得られた成果を関係主体とも議論し、今後さらなる地域での議論を展開、実装へつなげる予定である。

研究成果の概要（英文）：In recent years, in response to the intensification of flood damage caused by torrential rains and typhoons across the country, it is important to improve the resilience of living and production spaces by utilizing the rainwater infiltration, storage, and outflow control functions of green infrastructure in watershed units. In this study, we focus on the Fukuoka and Nagoya metropolitan areas, which have suffered severe flood damage in recent years, and aim to construct a rainwater infiltration, storage, and runoff control green space management system for watershed resilience. (2) Analyzing the correlation between the three-dimensional structure and management level for each green space type, (3) Evaluating rainwater infiltration, storage, and runoff control functions for each green space type and management level, and (4) Toward watershed resilience The basic knowledge of the construction of a green space management system was organized.

研究分野：景観生態学、都市計画

キーワード：グリーンインフラ 流域レジリエンス 雨水浸透・貯留・流出抑制機能 人口縮退 緑地管理システム

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

全国各地において、集中豪雨や台風に伴い土砂災害や内水・外水氾濫等の甚大な被害が増加している。2017年7月の九州北部豪雨では、福岡県朝倉市において線状降雨帯により1時間100mm、24時間1000mmを超える降雨を記録し、約51万7900人に避難指示・勧告が発表され、河川の氾濫や土砂崩れによる居住・生産空間への甚大な被害をもたらした。また、2018年6~7月の西日本豪雨では、九州地方から中部地方、北海道に至る14府県において梅雨前線の停滞による豪雨で、死者224人の被害が生じた。さらに、2019年7月・8月には再び佐賀県をはじめとする九州北部地域、2019年9月にも三重県四日市市や桑名市で、2019年10月には台風19号により関東甲信・東北地方や静岡県、新潟県の広範囲で記録的豪雨が発生し、土砂災害・浸水害・洪水害の甚大な被害をもたらしている。こうした大量の雨水による水害は、既存インフラによる処理や長寿命化対策だけでは対応しきれず、グリーンインフラとしての緑地の雨水浸透・貯留・流出抑制機能の活用が注目されている。

一方で、長期の人口減少過程に突入した今日、自治体の財政難や少子高齢化による緑地管理のコスト・担い手減少に伴い、緑地の管理放棄による質的劣化が生じている。一方で都市周縁部を見ると、依然として続く新規宅地開発に起因して市街地と緑地の無秩序な混在が継続している。こうした緑地の管理状況による質・量の変化が、緑地の雨水浸透・貯留・流出抑制機能に及ぼす影響についての知見が必要であるが、未だ網羅的・体系的な知見は十分に整備されていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、緑地の雨水浸透・貯留・流出抑制機能の有効活用・向上と、将来の人口動態予測に基づく緑地の管理可能性分析を合わせた緑地管理システムを構築することである。特に、将来人口縮退下において管理コストが縮減する中で、管理コストの効果的・適正な配分を行うことである。緑地の有する雨水浸透・貯留・流出抑制機能を最大限活用するための定量的・統合的な緑地管理システムを構築することは、人口縮退時代においても、流域レジリエンスのための基盤的知見を提供するもので、国内外のモデルケースとなりうるものである。

3. 研究の方法

本研究は以下の4段階の方法論により、流域レジリエンスに向けた雨水浸透・貯留・流出抑制型緑地管理システムを構築する。

第一に、流域緑地類型として、まず名古屋・福岡都市圏において、地質構造と地形特性に基づき、流域分類をGIS上において行った。異なる地形に位置する流域で、特に豪雨被害のあった流域を研究対象として複数選択する。次に、対象流域内において、人工林・二次林・農地・草地・裸地・芝地・市街地の緑地・公園・グラウンド等の詳細な緑地類型を行う。

第二に、緑地類型別の三次元構造と管理レベルの相関分析を行う。高解像度三次元土地被覆データ(年・季節別)を行った上で、対象流域における緑地類型別に関係する管理主体への「管理作業密度=対象とする緑地に対し、年間で単位面積あたりに投下される管理作業時間(h/a)」を活用したヒアリングを行い、比較評価を行う。

第三に、緑地類型別・管理レベルごとの雨水浸透・貯留・流出抑制機能評価を行う。雨水浸透・貯留・流出抑制機能の実測評価と合わせ、将来の豪雨予測の評価および氾濫シミュレーションの評価を行う。

第四に、将来の流域レジリエンスに向けた緑地管理システムの構築を行う。流域単位での人口予測に対し、人口減少下において投下可能な管理作業量を算出し、緑地類型別・管理レベルの予測評価を行うとともに、将来の豪雨時の脆弱性評価を行う。さらに、得られた成果を対象地の関係主体へと広く発表し、地域での議論を展開する。

4. 研究成果

(1)流域 - 緑地類型

まず田代・高取が、名古屋・福岡都市圏において、地質構造と地形特性に基づき、流域分類をGIS上において行った。分類した両都市圏の流域の内、異なる地形(洪積台地・沖積低地等)に位置する流域で、特に豪雨被害のあった流域(福岡県筑後川・那珂川流域) 広大なゼロメートル地帯を有する流域(愛知県木曽川流域) 中山間部も含む流域(三重県櫛田川流域)を研究対象として選定した。次に、対象流域内において、土地利用・植生・衛星画像の経年データを構築・活用し、人工林・二次林・農地・草地・裸地・芝地・市街地の緑地・公園・グラウンド等の詳細な緑地類型を行った。具体的には、環境省自然環境保全基礎調査による2万5千分の1植生データを元に、国土数値情報土地利用細分メッシュデータ、国土地理院基盤地図情報、各自治体による都市計画基礎調査や緑の実態調査、衛星画像データを活用して、2500分の1スケールにおいて緑地類型を行った。

(2)緑地類型別の三次元構造と管理レベルの相関分析

次に、森山・高取が、緑地の質的データとして、衛星画像・航空レーザ測量と UAV による LiDAR データを活用し、対象流域における高解像度三次元土地被覆データ（年・季節別）を整備した。特に、ESA による高解像度の時空間分解能を有する Sentinel-1,2 を活用し、緑地の管理歴や、農地の農事歴や作物の状況、AI 分析による作物分類や太陽光パネルへの転用、管理放棄地の抽出等の管理状況の把握が可能となった（図-1,2）。

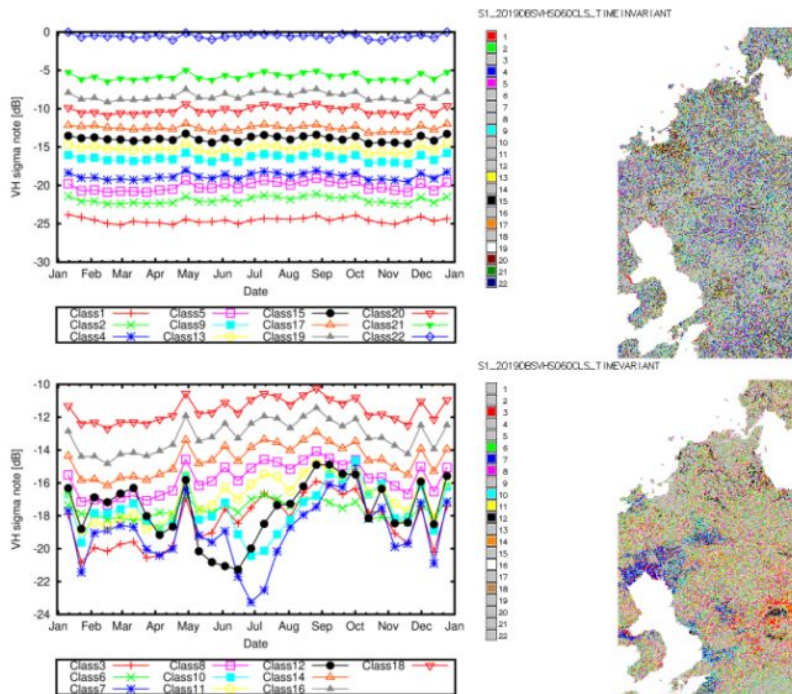


図-1.Sentinel-1 を活用した緑地の管理歴評価

時間によるNDVI値とMNDWI値の変化パターンから農地種類の確認

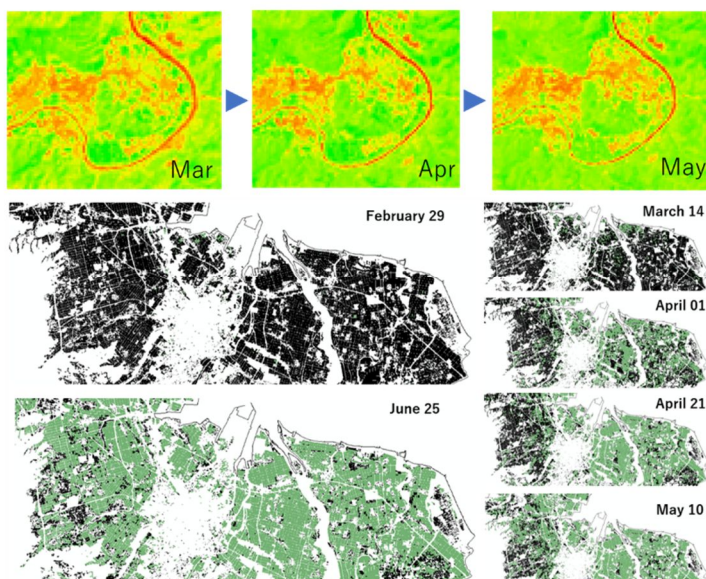


図-2.Sentinel-1,2 と AI を活用した農地の作物分類・管理状況の把握

NDVI :

NDVIを独立変数とし、Random Forest機械学習モデルを用いて、松阪市の主な農産物である麦畑、茶畑、豆類畑の三種類に分類した。先ずGoogle Earthと現地調査から人工確認でラベル付き、そのNDVI値をモデルの学習とテストのためのサンプルとして使用した。

MNDWI :

調査地域の2017年2月～6月（水田灌漑期間）のMNDWI時系列変化画像を算出し、統計観測から閾値を-0.05に設定する。農林水産省が提供する農地地域データからMNDWI値の閾値より大きい地域（水域として特定）を抽出し、水田の面積と枚数を計算する。

また三重県松阪市における農業・林業従事者役 20 名へのヒアリングを実施し、産業としての緑地管理に関しての状況の把握と、質的データとの比較を行った。

一方で、対象流域における緑地類型別に関係する管理主体（行政・企業・NPO・市民・地域住民・農家・ボランティア等）を網羅的に把握・整理し、統計資料・大規模アンケート・ヒアリング調査を実施し、管理労働力について、開発した指標である「管理作業密度 = 対象とする緑地に対し、年間で単位面積あたりに投下される管理作業時間 (h/a)」を活用して、緑地の管理作業密度を GIS データとして整備した。全国約 600 の第一次産業従事者へのオンラインアンケートの実施、以上より、構築した緑地類型別の三次元構造と、管理作業密度の高低（管理レベル）について、AI 技術を活用した相関分析を行った上で、指標化を行った。

一方で、三重県・愛知県・福岡県における 300 名の一般市民（農に関わりを持ったことがある人 150 名、持ったことがない人 150 名）を対象とし、オンラインアンケートを実施し、緑地の管理にどの程度関わっているのか、関わる意欲があるのかに関しての分析を行うとともに、そうした市民の農業への段階的な関わり方を 5 段階にまとめ、その管理レベルについて統計分析を行い明らかとした(図-3)。その成果としてまとめられた学位論文は、都市計画学会九州支部長賞を受賞した。

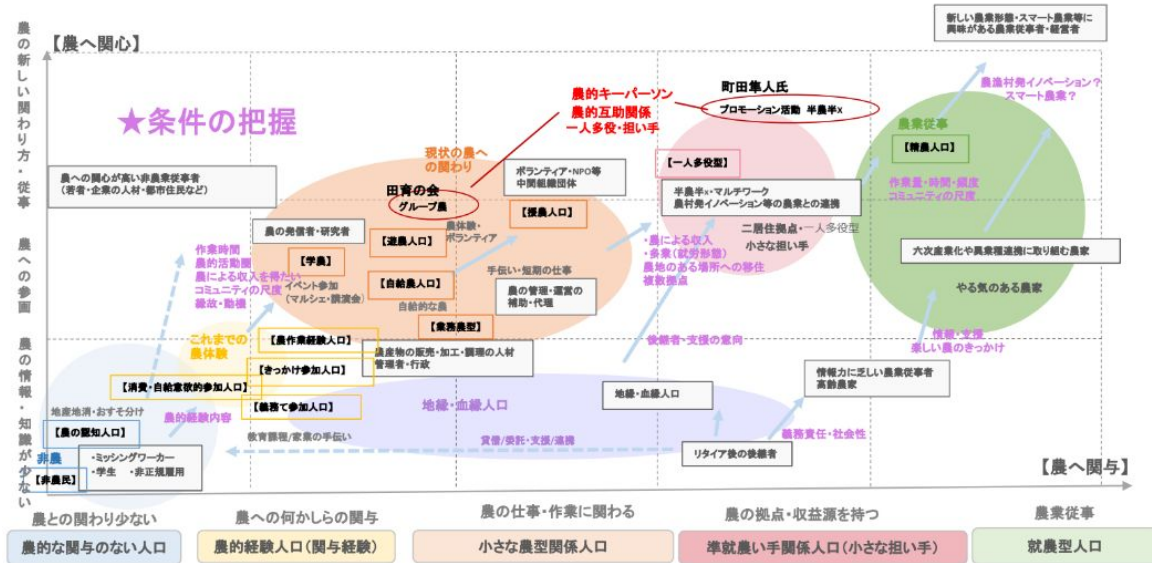


図-3. 農業への関わりの段階モデルの把握と管理レベル

(2) '管理主体別管理作業量の算出

高取が、(2)において実施した緑地管理に関する統計資料・大規模アンケート・ヒアリング調査を活用し、標準的な管理主体1人当たりの「管理作業量 = 年間で対象とする緑地に対し投下可能な管理作業時間 (h)」の算出を行った。さらに、ヒアリング、現地実測調査により、機械(例: 大型トラクター等)や先進技術(例: ロボット草刈り機等)による管理作業量の削減効果についても算出を行った。

(3) 緑地類型別・管理レベルごとの雨水浸透・貯留・流出抑制機能評価

まず高取が、(2)において指標化を行った緑地類型別・管理レベルごとに、雨水浸透・貯留・流出抑制機能の実測評価、緑地類型別・管理レベルごとに調査対象地を選定し、実測装置の設置・実測を行った。散水式浸透計(現場型振動ノズル式散水装置)(図-4)や簡易に現地測定可能なミニディスクインフィルトロメーターを用いて、耕作放棄地や耕作地、樹林地、グラウンドにおける異なる降雨強度に対する雨水浸透・貯留・流出抑制機能のデータを整備した。

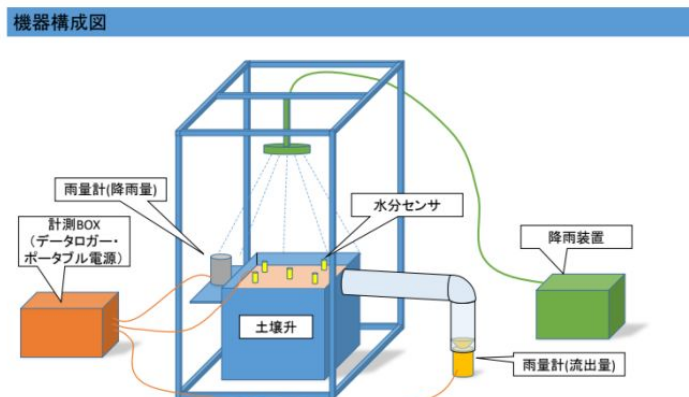


図-4. 散水式浸透計図(現場型振動ノズル式散水装置)

次に、飯塚が、愛知県における気候変動下における WARF モデルを活用し、将来豪雨評価および浸水可能性評価を行った(図-5)。例えば、図-5で使用した降雨分布は、2050年代7月1カ月の間で1時間降雨量が最大となった時刻(0時)のものである。図中の黒色はその降雨状況において浸水域と想定される場所を表している。

以上の成果を踏まえ、緑地類型別・管理レベルごとの雨水浸透・貯留・流出抑制機能の実測値を反映した氾濫シミュレーションを行った。

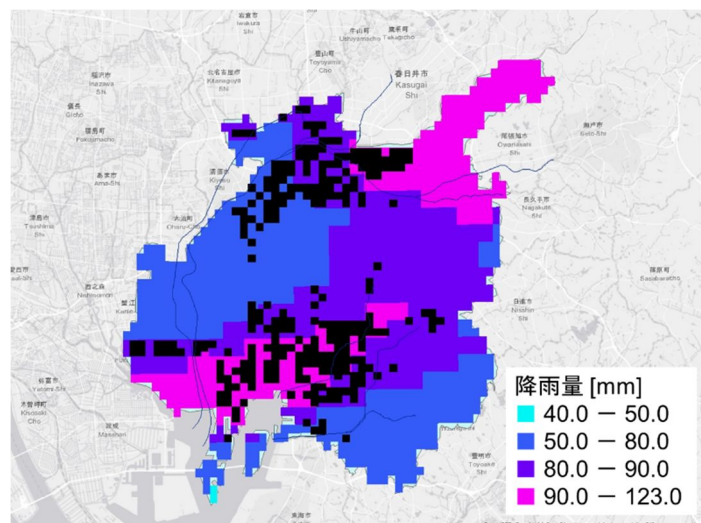


図-5. 将来気候下の浸水域の推定事例(黒色: 浸水域)

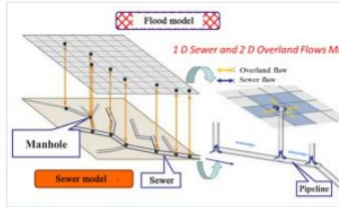


Fig. 4 Structure of the adopted NILIM model¹¹⁾ with one dimensional sewers and two-dimensional overland flows.

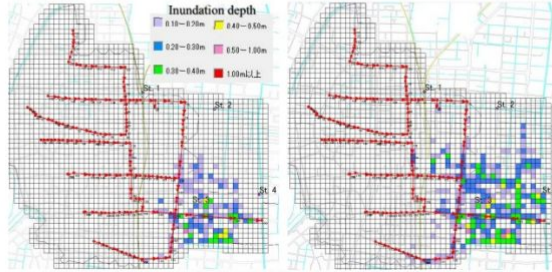


Fig. 7 Computed inundation depth distributions with (left) and without (right) the drainage channel network with the sewer system network (red arrows and plots), at 3 am October 23, 2017 in the severest situation.

図-6. 愛知県津島市内水氾濫シミュレーション

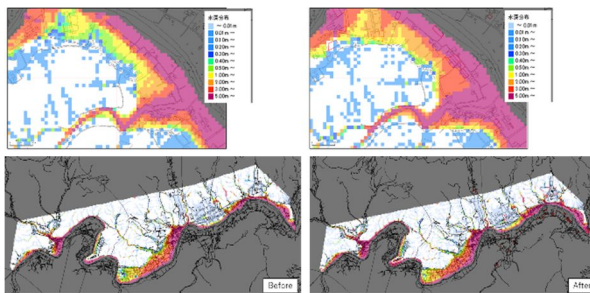


図-7. 三重県櫛田川流域氾濫シミュレーション

(4) 将来の流域レジリエンスに向けた緑地管理システムの構築

まず、高取が2040年と2050年の男女別・年齢構成別に地域単位の人口データを整備した。次に、標準的な管理主体1人当たりの「管理作業量 = 年間で対象とする緑地に対し投下可能な管理作業時間 (h)」を活用し、将来人口予測と掛け合わせることで、将来の緑地類型別に投下可能な管理作業量を算出し、緑地類型別・管理レベルの予測評価を行った。さらに、(3)において構築した氾濫シミュレーションモデルを活用し、将来の流域の豪雨時の脆弱性評価を行った。この評価結果に対し、将来管理コストが縮減する中で、管理コストの効果的・適正な配分を行うことで、緑地の有する雨水浸透・貯留・流出抑制機能を最大限活用するための定量的・統合的な緑地管理システムに向けた基礎的知見の整理を行った。具体的には、より雨水浸透・貯留・流出抑制機能の費用対効果の高い緑地管理手法の導入、氾濫危険度が高く優先的緑地保全が必要な地域の同定等を統合評価する緑地管理システムに関する知見が得られた。以上の緑地管理システムで得られた結果について、名古屋・福岡都市圏の対象流域において実際の政策へ反映されるように、関連主体や自治体に対し、シンポジウムの開催等を通じて成果発信・意見交換を行い、積極的に働きかけた。特に、福岡県那珂川流域では、那珂川流域を対象に、産官学民の議論のプラットフォームを構築し、小学校・自治協議会や、流域に位置する民間企業、NPO、市民団体と流域の未来を考える「那珂川みらい会議」を立ち上げ、2022年度には国土交通省官民連携都市再生推進事業に採択され、流域単位でのレジリエントな地域づくりに向けて議論を展開している。また、本研究成果は、現在英語論文として登校中であり、流域レジリエンスに向けた緑地保全システムのモデルケースとして、国際的に広く発信し、さらなる議論を展開していく予定である。

公×民×学による共創

- お互いを知り
- 未来を共有し
- 新たな活動や価値を生み出す。
- レジリエントな那珂川流域へ

(民間企業)
パナソニック、DNP、JR九州、西日本鉄道、九電工、三井不動産 (ららぽーと)、加藤建設、福太郎等

(市民・NPO・一般社団法人)
ミズベリクファンクラブ、フオカ、環境演出家協会、海と風のがつこう、しおらぼ、街×人、グリーンシティ

福岡県
福岡市南区
塩原公民館
塩原自治協議会

図-8. 那珂川みらい会議

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Uchiyama, Y., Takatori, C., Kohsaka, Y.	4. 巻 18
2. 論文標題 Designing participatory green area management and biodiversity conservation strategies in the era of population shrinkage: empirical analysis of multi-generational perceptions on Satoyama rare species in central Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Landscape and Ecological Engineering	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s11355-022-00501-1	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 該当する
1. 著者名 高取千佳	4. 巻 76
2. 論文標題 コロナ禍を契機とした名古屋におけるグリーンインフラ戦略	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 アーバンアドバンス30周年記念号	6. 最初と最後の頁 60-69
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 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Takashi TASHIRO, Aung Khaing MIN and Ryota TSUBAKI	4. 巻 26
2. 論文標題 EFFECTIVE SENSING AND COMPUTING INLAND FLOODING PROCESSES IN A LOWLAND URBAN AREA WITH SEWER AND DRAINAGE SYSTEMS	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advances in River Engineering, JSCE	6. 最初と最後の頁 65-70
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 該当する
1. 著者名 高取 千佳, 村瀬 由伎, 宮脇 勝, 北村 淳一, 清水 裕之	4. 巻 83
2. 論文標題 水田の歴史的類型による生態的環境と労働生産性の比較および維持管理シナリオの検討	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ランドスケープ研究論文集	6. 最初と最後の頁 645-650
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5632/jila.83.645	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 Iizuka, S, Xuan, Y, Takatori, C, Nakaura, H, Hashizume, A	4. 巻 63
2. 論文標題 Environmental impact assessment of introducing compact city models by downscaling simulations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 SUSTAINABLE CITIES AND SOCIETY	6. 最初と最後の頁 102424
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scs.2020.102424	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 該当する

〔学会発表〕 計19件 (うち招待講演 9件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 高島宗一郎、高取千佳
2. 発表標題 “農への関わり方”の段階とその条件の明確化及び多様化する“農の形態”の可能性の検討
3. 学会等名 日本造園学会九州支部熊本大会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 高野志映、高取千佳
2. 発表標題 集約連携型都市構造における郊外の高齢者移動の持続可能性に関する研究 岐阜市を対象として
3. 学会等名 日本造園学会九州支部熊本大会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 渡邊真子、高取千佳
2. 発表標題 街路の滞留空間としての利活用のための指標に関する研究 - 福岡市天神地区を対象として -
3. 学会等名 日本造園学会九州支部熊本大会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 高取千佳
2. 発表標題 管理・利用・環境機能の総合評価に基づく都市周縁部の緑地計画の提案
3. 学会等名 鹿島学術財団第44回研究発表会（招待講演）
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 高取千佳
2. 発表標題 都市縮退時代における都市のあり方とグリーンインフラの活用
3. 学会等名 都市と自然の共生シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 高取千佳
2. 発表標題 那珂川流域で描くみんなのみらいビジョン
3. 学会等名 白山手取川流域地域デザイン・SDGsビジネスセミナー（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高取千佳
2. 発表標題 科学者の地域課題への挑戦
3. 学会等名 富山SDGsウィーク サイエンスカフェ（招待講演）
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 高取千佳
2. 発表標題 縮退時代における都市のあり方とグリーンインフラの活用
3. 学会等名 九州大学アジア・オセアニア研究教育機構 (Q-AOS) シンポジウム (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 伊藤ちひろ、飯塚悟、高取千佳
2. 発表標題 大都市圏における降雨量・雨の強さの将来推移予測
3. 学会等名 日本建築学会全国大会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 高取 千佳, 村瀬 由伎, 宮脇 勝, 北村 淳一, 清水 裕之
2. 発表標題 水田の歴史的類型による生態的環境と労働生産性の比較および維持管理シナリオの検討
3. 学会等名 日本造園学会全国大会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 Zheng Yulu, 高取千佳
2. 発表標題 人口縮退時代の都市圏周縁部における生産緑地所有者の維持・貸与意向
3. 学会等名 日本造園学会全国大会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 高取千佳
2. 発表標題 Withコロナ時代の都市農業の新たな可能性
3. 学会等名 アジア・オセアニア研究協力機構シンポジウム（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 高取千佳
2. 発表標題 景観生態学からみたバイオミメティクス
3. 学会等名 高分子学会バイオミメティクス研究会（招待講演）
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 高取千佳
2. 発表標題 With/Postコロナ時代の都市農業の新たな可能性
3. 学会等名 グリーンインフラ・都市農業国際ワークショップ（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 吉野未波, 高取千佳
2. 発表標題 シドニー・バランガルー開発におけるグリーンインフラの成立条件に関する研究
3. 学会等名 日本造園学会九州支部宮崎大会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 杉山知由莉, 高取千佳
2. 発表標題 那珂川流域における土地利用変化と雨水浸透
3. 学会等名 日本造園学会九州支部宮崎大会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 Zheng Yulu, 高取千佳
2. 発表標題 都市縮退時代における都市農業の需要と供給に関する研究 ～愛知県北名古屋を対象に～
3. 学会等名 日本造園学会九州支部宮崎大会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 森山雅雄, 高取千佳, 田代喬, 飯塚悟
2. 発表標題 合成開口レーダデータを利用した流域状況把握のための土地被覆分類
3. 学会等名 日本リモートセンシング学会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 高取千佳
2. 発表標題 景観生態学からみたバイオミメティクス
3. 学会等名 ナノテクノロジービジネス協議会バイオミメティクス分科会（招待講演）
4. 発表年 2020年～2021年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 Uchiyama, Y., Takatori, C., Kohsaka, Y.	4. 発行年 2022年
2. 出版社 Routledge Taylor & Francis Group	5. 総ページ数 300
3. 書名 Biomimetics Connecting Ecology and Engineering by Informatics	

1. 著者名 下村政嗣	4. 発行年 2021年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 350
3. 書名 バイオミメティクス・エコミメティクス	

1. 著者名 Chika Takatori	4. 発行年 2022年
2. 出版社 The Routledge	5. 総ページ数 470
3. 書名 The Routledge Handbook of Landscape Architecture Education	

〔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
研究分担者	森山 雅雄 (Moriyama Masao) (00240911)	長崎大学・工学研究科・准教授 (17301)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究分担者	田代 喬 (Tashi ro Takashi) (30391618)	名古屋大学・減災連携研究センター・ライフライン地盤防災 産学協同研究部門特任教授 (13901)	
研究分担者	飯塚 悟 (Iizuka Satoru) (40356407)	名古屋大学・環境学研究科・教授 (13901)	

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			
ドイツ	ドレスデン工科大学			