

令和 4 年 6 月 10 日現在

機関番号：32613

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K04736

研究課題名（和文）都市建築の持続可能な水循環を実現するための雨水活用に関する研究

研究課題名（英文）Study on rainwater utilization to promote sustainable water circulation in urban construction

研究代表者

西川 豊宏（Nishikawa, Toyohiro）

工学院大学・建築学部（公私立大学の部局等）・教授

研究者番号：80594069

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：急速に進む少子高齢化にある我が国においては、水インフラの維持保全が多様な利害関係者の同意形成が図られたうえで、効率的かつ持続性の高い資本投資をすることが重要である。本研究においては、「持続可能な開発目標（SDGs）」に掲げられる水に関する目標に着目し、実態調査や統計解析から給水原単位の将来動向と雨水利用建築の省資源性能を明らかにし、自然災害における上下水ライフラインの面的対応について予想した。計画当初に想定した研究成果の外部発信（論文発表やシンポジウム開催など）は概ね達成され、これに加えてCOVID-19の感染対策における建築物の水需要の動向調査など新たな課題にも柔軟に取り組んだ。

研究成果の学術的意義や社会的意義

給水原単位の实態調査と将来動向（課題1）および雨水利用建築の省資源性能（課題2）については水に係るSDGsの4目標との関連性を意識しての研究活動が計画通り実施されたが、局部的豪雨や長雨、巨大地震における上下水ライフラインの面的対応（課題3）においてはコロナ禍による建築物の水需要への影響等についても取り組み、一部研究内容の見直しを行った。当初の研究成果の蓄積はもとより、研究期間中に生じた新たな課題にも柔軟に取り組むことで、都市建築空間における持続可能な水循環を実現するための評価手法の確立、新しい生活様式に適應する水使用の将来予測といった新たな研究課題の必要性を確認するに至った。

研究成果の概要（英文）：In Japan, where the birthrate is declining and the population is rapidly aging, there is a crucial need for efficient and sustainable capital investments in water infrastructure maintenance, which must be implemented after obtaining a consensus of viewpoints from various stakeholders. In this research, focusing on water-related “SDGs”, we seek to clarify the future trends of water supply intensity and the resource-saving performance of rainwater-based buildings from surveys and statistical analysis. We also make predictions related to the operational sustainability of water and sewage lifelines in the face of natural disasters. Our investigation shows that the external dissemination of research results envisioned at the beginning of the plan (publication of papers, holding symposiums, etc.) was generally achieved and that we could flexibly respond to new issues such as surveying trends in water demand for buildings as elements of COVID 19 countermeasures.

研究分野：建築環境・建築設備

キーワード：雨水利用 水循環 給水原単位 ゼロウォータービル あまみず ライフライン LCP・BCP 実態調査

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、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

都市建築の持続的な水循環を実現するための具体的なアプローチの一つが「雨水の利用の推進に関する法律」による雨水の循環と利活用を促す社会基盤の整備である。高度成長期に大量供給された社会基盤の一つである上下水道等の水インフラの多くが耐用年数を迎えている中、急速に進む少子高齢化の人口動態の渦中にある我が国においては、水インフラの維持保全を多様な利害関係者の同意形成が図られたうえで、効率的かつ持続性の高い資本投資が成されることが一層求められている。

過去の経験則だけでは許容できない気象変化に直面する今日において、水インフラの再構築が喫緊課題であるが、不確実な環境下における将来最適化は、不明確な目標設定の中で莫大な公共資本の支出を伴う恐れがある。急変する降水特性の変化に対して実効的かつ柔軟な措置を環境と経済を両立しながら進めるために、単体の建築物あるいは街区レベルでの取り組みを地区・地域レベルにボトムアップする社会的要請がある。

2. 研究の目的

研究開始当初にある社会背景を受け、本研究は、都市建築における持続可能な水インフラを実現するために「持続可能な開発目標 (SDGs)」に掲げられる 17 の目標のうち、水に係る 4 つの目標に着目し、これら目標の横断的な課題点の抽出と具体的な対策、その評価を実態調査や統計解析により明らかにするため、給水原単位の実態調査と将来動向 (課題 1)、雨水利用建築の省資源性能 (課題 2)、局地的豪雨や長雨、巨大地震における上下水ライフラインの面的対応 (課題 3) の 3 課題を設けて推進するものである。

この 3 課題は、各々に学術的独自性を有するが、各課題の横断的かつ有機的な連携を深め、SDGs にある目標と密接な関係を形成し、具体的アプローチとして学術的創造性へ戦略的に発展させることを目的とした。

具体的には、課題 1 と課題 2 の連携で、国内では広く普及した節水器具による建築物における水使用量の経年変化を実態調査から評価し、雨水利用建築の省資源性のみならず、雨水活用設備の設計の最適化に寄与する基礎資料を整理し、SDGs にある水・衛生 (目標 6) と気候変動 (目標 13) に示されるターゲットへアプローチする。

また、課題 2 と課題 3 の連携で、建築物の水循環を実現するため建築事例等を取り上げ、その省資源性を実測データに基づき評価し、その程度が都市レベルでの上下インフラに与える環境貢献度を定量的に捉え、自然災害時を想定に加えた都市建築の上下インフラの持続性について考察し、SDGs にあるインフラ、産業化、イノベーション (目標 9) と持続可能な都市 (目標 11) との関係にアプローチする。

さらに、課題 3 と課題 1 の連携で、大規模災害時の水インフラのあるべき姿を過去の被害事例や対策、効果検証から効率的で即効性のある方法を抽出し、持続可能な開発目標 (SDGs)」に掲げられる水・衛生 (目標 6)・持続可能な都市 (目標 11)・気候変動 (目標 13) に示されるターゲットにアプローチすることとした。

3. 研究の方法

課題 1: 給水原単位の実態調査と将来動向

節水器具の普及による使用水量の減少傾向は、申請者の他、既往研究でも多く取り上げら

れているが、建物用途や規模、利用頻度（建物の活動量）と給水原単位との関係性については不明な点も多く、これらを BEMS 等の管理データの分析から解明する。特に本課題では、事務所ビルを軸に、建物の使用実態を踏まえた使用水量の実態調査を行い、その関係性を明らかにする。

課題 2：雨水利用建築の省資源性能

気候変動に起因する長雨や局地的な集中豪雨により、過去の気象データに基づいて設計された建築物では、想定された許容量を頻繁に上回る結果となり、上下水道などの公共インフラに大きな負担になっている。このことから本課題においては、極稀あるいは想定外の降水強度までを評価の範囲に広げ、設備容量の最適化と経済性、安全性の関係をシミュレーションにより明らかにする。

課題 3：局地的豪雨や長雨、巨大地震における上下水ライフラインの面的対応

都市基盤の一要素である建築設備ライフラインの自然災害への機能回復性（レジリエンス）を定量的評価軸に発展させるべく、建物レベルでの BCP（Business Continuity Plan）から、地区レベルの DCP（District Continuity Plan）について、東京都西新宿周辺を評価対象に、大地震発災後の水賦存について予測評価し、災害リスクとして気候変動（ゲリラ豪雨・豪雪）に関する上下インフラの課題へと発展する。

4．研究成果

課題 1 では、研究初年度において立地や規模等の特性が異なる実運用される事務所 3 件を対象とした管理記録のデータ分析を行い、使用水量の実態や給水原単位の動向を調査した。この調査から節水器具の普及による使用水量の減少傾向を確認した。この中で器具使用回数の推定や建物活動量を連関させる必要性が示された。この調査結果を踏まえ、研究 2 年度において管理記録に基づく給水原単位に関する調査結果の口頭論文発表をはじめとし、日本建築学会の全国大会オーガナイズドセッション（ネットゼロウォーター）の企画実施、シンポジウム、学会誌（建築雑誌）等において、新しい生活様式に関する議論への水使用の動向についてこれまでに得られた知見に基づく研究成果の外部発信を行った。

課題 2 では、研究初年度において建築における雨水活用の技術開発の他、環境教育や各種メディアを通じた広報・啓蒙活動により本格的な雨水活用の普及を目的とし、全生活用水を雨水に依存する赤島の水利用実態と意識調査を行った。これら調査結果を踏まえ、研究 2 年度において全生活用水を雨水に依存する長崎県五島市赤島の雨水利用実態、建築物におけるゼロウォータービル評価に関する研究をはじめとする雨水利活用による省資源性能の実態調査や予測検証を継続し、学术论文・選抜梗概論文として公表した。さらに、雨水活用による赤島活性化プロジェクトにおける活動が科学技術振興機構（JST）の令和 2 年度「STI for SDGs」アワード優秀賞に選出され、これに関連した活動検証（雨水を水源とした自立分散型スマート雨 水利用システムとレジリエンストイレの設置による離島における水まわり生活の質の向上，福井工業大学）が一般社団法人レジリエンスジャパン推進協議会から第 7 回「ジャパン・レジリエンス・アワード（強靱化大賞）最優秀賞を受賞した。

課題 3 では、研究初年度において水供給と水処理にかかわる建築設備ライフラインの自然災害による過去の被害事例を調査し、現状の災害対策の事例調査、水供給等の地域別ポテンシャルの情報を収集した。一方、研究 2 年度において大地震と建築間仕切り変更を想定した設備配管の耐震性に関する研究成果を口頭発表論文として発表した。これら一連の研究成果は、文部科学省私立大学研究ブランディング事業（工学院大学）における「機能継続・

早期復旧を可能とする大地震対策建築モデルの開発（設備施設の耐震性能向上）」として取りまとめるに至った。その他、各年度における実績は以下の通りである。

2019年度実績

雑誌等への寄稿 6 件、国際学会投稿論文が 1 件、国内学会口頭発表論文（査読無）が 13 件（日本建築学会大会、空気調和衛生工学会学術講演会、日本雨水資源化システム学会研究発表会など）、学会賞受賞講演（空気調和・衛生工学会）1 件、シンポジウム（日本建築学会）企画開催 1 件、学術見学会（給排水設備研究会）企画・開催 2 件であった。なお、当研究課題に関連し、空気調和・衛生工学会から篠原記念賞奨励賞ならびに学術論文講演会（年次大会）若手優秀発表賞の学生受賞があった。

2020年度実績

著書 1 件、査読付き論文 3 件、雑誌等への寄稿 6 件、国内学会口頭発表論文（査読無）が 11 件（日本建築学会大会、空気調和・衛生工学会学術講演会、日本雨水資源化システム学会研究発表会など）、招待講演 1 件、講演会等の企画 2 件、各賞受賞 2 件である。

2021年度実績

新型コロナ感染防止による活動制限により、研究発表（Proceeding 査読付き）1 件、各種報告文 1 件、著書 2 件に留まったが、一般向けの研究成果の外部発信に力点を置き、オンラインシンポジウム 2 件（感染症と給排水衛生設備（8 月 25 日）、レジオネラと給排水衛生設備（2 月 21 日））を企画・開催した。

このように、計画当初の研究成果が得られた課題 1 と課題 2 については、SDGs の目標 6, 9, 11, 13 の 4 目標との関連性を意識しての研究活動が計画通り実施されたが、課題 3 においては研究期間中に生じた降水特性変化への給排水機能の対応性やコロナ禍による建築物の水需要への影響について取り組み、一部研究内容の見直しを行った。コロナ禍の活動制限により研究最終年度の実績は限定的となったが、研究開始時に計画した研究成果の蓄積だけでなく、研究期間中に生じた新たな課題にも柔軟に取り組むことで、都市建築空間における持続可能な水循環を実現するための評価手法の確立、新しい生活様式に適應する水使用の将来予測といった新たな研究課題の必要性を確認するに至った。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 笠井 利浩	4. 巻 Vol.26, No.1
2. 論文標題 雨水活用の技術と評価 -日本建築学会環境基準が提唱する雨水活用の技術と蓄雨性能評価-	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本雨水資源化システム学会誌	6. 最初と最後の頁 11-15
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 笠井利浩, 近藤晶, 野村利空, 表寺佳奈	4. 巻 Vol.26, No.1
2. 論文標題 全生活用水を雨水に依存する長崎県五島市赤島の雨水利用実態	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本雨水資源化システム学会誌	6. 最初と最後の頁 41-46
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 笠井 利浩	4. 巻 Vol.103, No.10
2. 論文標題 IoTを活用した分散形雨水活用システムの構想と離島における実証実験	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電子情報通信学会誌	6. 最初と最後の頁 991-996
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 笠井利浩, 近藤晶	4. 巻 no.4
2. 論文標題 長崎県五島市赤島における雨水利用による離島活性化プロジェクトの進捗状況報告	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 福井工業大学研究紀要	6. 最初と最後の頁 319-328
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 笠井利浩, 野村利空	4. 巻 no.4
2. 論文標題 降雨区分自動採取装置の開発	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 福井工業大学研究紀要	6. 最初と最後の頁 126-131
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 笠井利浩, 平野晋太郎	4. 巻 no.4
2. 論文標題 小規模雨水貯留槽に適した水位計の開発	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 福井工業大学研究紀要	6. 最初と最後の頁 119-125
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 近藤晶, 笠井利浩, 三寺潤	4. 巻 no.4
2. 論文標題 長崎県五島列島赤島活性化プロジェクト -Facebookページアクセスに関する昨年度との比較-	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 福井工業大学研究紀要	6. 最初と最後の頁 329-334
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 -

〔学会発表〕 計24件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 伊藤 航平、西川 豊宏、赤坂 昌哉
2. 発表標題 建築物におけるゼロウォータービル評価に関する研究 (その1) 複合建物におけるゼロウォータービル評価
3. 学会等名 日本建築学会大会 (関東)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 赤坂 昌哉、西川 豊宏、伊藤 航平
2. 発表標題 建築物におけるゼロウォータービル評価に関する研究(その2) 降水特性とゼロウォータービル評価の関
3. 学会等名 日本建築学会大会(関東)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西川 豊宏
2. 発表標題 管理記録に基づく給水原単位と雨水利用に関する調査研究
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会大会(オンライン)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 矢ヶ崎啓介、西川豊宏
2. 発表標題 事業継続計画策定における建築設備の地震リスクに関する研究
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会大会(オンライン)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 笠井 利浩
2. 発表標題 離島の雨水利用システムにおける集水方法の検討 ~長崎県五島市赤島の事例から~
3. 学会等名 日本建築学会大会(関東)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小瀬 博之
2. 発表標題 日本における「ゼロウォーター」評価手法の検討
3. 学会等名 日本建築学会大会（関東）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中野 民雄
2. 発表標題 ゼロ・ウォーター・ビルディング普及のための設備設計プロセスの課題と設備設計者の役割
3. 学会等名 日本建築学会大会（関東）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 矢ヶ崎啓介、西川豊宏
2. 発表標題 事業継続計画策定を支援する建築の非構造部材・建築設備の地震リスクに関する研究（その16） 平面レイアウトがスプリンクラー配管の耐震性能に与える影響
3. 学会等名 日本建築学会大会（関東）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 笠井利浩，近藤晶，三寺潤
2. 発表標題 長崎県五島市赤島の水利用実態と雨水活用による水資源確保
3. 学会等名 地域活性学会 第12回研究大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 笠井利浩, 近藤晶
2. 発表標題 生活用水として貯留雨水を用いる際の浄水法に関する一考察 ~ 長崎県五島市赤島での貯留雨水の水質分析結果から ~
3. 学会等名 日本雨水資源化システム学会 第28回研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 北上眞二, 笠井利浩
2. 発表標題 雨水活用のためのデータ収集ネットワークシステムの開発
3. 学会等名 日本雨水資源化システム学会 第28回研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 浅倉佑介, 西川豊宏, 赤坂昌哉
2. 発表標題 事務所における水使用特性と給水原単位に関する研究(その1) 中小規模事務所における実測概要と水使用特性の分析
3. 学会等名 日本建築学会大会(北陸)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 赤坂昌哉, 西川豊宏, 浅倉佑介
2. 発表標題 事務所における水使用特性と給水原単位に関する研究(その2) 中小規模事務所における衛生器具使用回数の推定と給水原単位の分析
3. 学会等名 日本建築学会大会(北陸)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsuya AKASAKA, Toyohiro NISHIKAW
2. 発表標題 Study of unit of design water supply amount and potential evaluation of rainwater utilization in middle-scale office building
3. 学会等名 45th International Symposium of CIB W062 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 赤坂昌哉, 西川豊宏, 山崎竜士
2. 発表標題 中規模事務所ビルにおける給排水設備のBCP対策
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会大会 (札幌)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西川豊宏
2. 発表標題 太陽光発電システムが設置された中規模事務所建物の防災拠点化に関する調査研究 [学会賞受賞講演]
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会大会 (札幌) (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 笠井利浩
2. 発表標題 長崎県五島市赤島における雨水利用状況調査
3. 学会等名 日本建築学会大会 (北陸)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 日高規晃, 笠井利浩
2. 発表標題 自動洗浄式雨水タンクの開発
3. 学会等名 日本建築学会大会 (北陸)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 笠井利浩, 近藤晶
2. 発表標題 離島における雨水生活体験環境教育プログラムの実践
3. 学会等名 地域活性学会 第11回研究大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 笠井利浩, 近藤晶
2. 発表標題 長崎県五島市赤島における離島振興プロジェクト2019
3. 学会等名 日本雨水資源化システム学会 第27回研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 表寺佳奈, 笠井利浩
2. 発表標題 全生活用水を雨水に依存する赤島の水利用実態と意識調査
3. 学会等名 日本雨水資源化システム学会 第27回研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野村利空, 笠井利浩
2. 発表標題 離島の雨水利用システムに関する一考察 降雨区分雨水と貯留雨水の水質測定結果から
3. 学会等名 日本雨水資源化システム学会 第27回研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 近藤晶, 笠井利浩, 三寺潤
2. 発表標題 長崎県五島市赤島における環境教育プログラムの実践
3. 学会等名 日本雨水資源化システム学会 第27回研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中野民雄
2. 発表標題 東海地域の大学におけるBCP策定に関する研究(第5報) 台風24号による被害状況と停電時のLCP,
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会大会(札幌)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 日本建築学会	4. 発行年 2020年
2. 出版社 森北出版	5. 総ページ数 344
3. 書名 都市の環境設備計画	

1. 著者名 西川豊宏	4. 発行年 2019年
2. 出版社 一般社団法人 日本電設工業協会	5. 総ページ数 7
3. 書名 電設技術	

1. 著者名 西川豊宏	4. 発行年 2019年
2. 出版社 公益社団法人 空気調和・衛生工学会	5. 総ページ数 10
3. 書名 空気調和衛生工学	

〔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	中野 民雄 (Nakano Tomio) (00610578)	静岡文化芸術大学・デザイン学部・准教授 (23804)	
研究分担者	小瀬 博之 (Kose Hiroyuki) (20302961)	東洋大学・総合情報学部・教授 (32663)	
研究分担者	笠井 利浩 (Kasai Toshihiro) (60279396)	福井工業大学・環境情報学部・教授 (33401)	

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
---------	---------