

令和元年6月28日現在

機関番号：82677

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K07835

研究課題名(和文) 屋上緑化の水循環機構の解明とランドスケープインフラへの展開

研究課題名(英文) Understanding of a water circulation route map of green roof toward utilization of landscape infrastructure

研究代表者

菊池 佐智子 (KIKUCHI, SACHIKO)

公益財団法人都市緑化機構・未登録・研究員(移行)

研究者番号：50409471

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：河川分野のランドスケープインフラは、地域全体で生き物を増やす仕組みとして期待されていた。蓄積データの整理から、実験条件下ではあるものの、屋上緑化の水循環経路図が作成できた。また、国内外の事例調査により、雨水管理だけではなく、さまざまな機能、効果の発揮を期待した屋上緑化が設置されていた。緑化事業を担当する実務者でも、また、数は少ないが、設置した緑化施設の機能効果を定量的に測定する試みが始められていることが確認できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

河川分野では、ランドスケープインフラの要素として、市民による草の根の活動が重要であることを明らかにした。個別の要素技術である屋上緑化も、自然系の水循環経路と同様の経路を持つことを明らかにした。ただし、土壌厚や植物種の違い、降雨強度の違いは十分留意する必要がある。事業者ヒアリングにより、緑化施設の定量評価が求められていることが明らかになった。計測技術の進歩により、定性的に示されてきた屋上緑化の各種機能が定量的に提示されるようになった。これらから、本研究の学術的な意義として、屋上緑化が既存の土木・建築構造物の機能を保管するランドスケープインフラとしての位置づけを確立できたことである。

研究成果の概要(英文)：It was understood that river landscape infrastructure is expected as a system to increase creatures in the region. Based on the experimental data reduction, we made a water circulation route map with some conditions. According to Japanese and foreign case studies, it was shown that not only stormwater management, but also various functions are expected for green roofs. And, there was grasped that some of greenery businesses have started to quantitative measure the function of the installed green roofs.

研究分野：農学

キーワード：水循環 環境解析 屋上緑化 緑地計画 都市環境デザイン 水資源工学

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

グリーンインフラ（Green Infrastructure）とは、1990年代の半ばにアメリカで広まった概念である。自然・人工のものを問わず、緑地や湿地およびそれらのネットワークを活かすインフラストラクチャーとしている（日本学術会議、2014）。2010年10月に日本で開催された生物多様性条約国会議（COP10）において、愛知ターゲットが策定された以降、日本国内でもグリーンインフラに関する講演会、海外の事例を紹介する書籍が増加し、グリーンインフラという語は、都市や環境に関わる専門家だけでなく、マスコミや環境への意識が高い市民居間で浸透してきた。



写真1 アメリカ合衆国環境保護局（United State Environmental Protection Agency : EPA）で紹介されているグリーンインフラストラクチャー。左はレインガーデン（Rain Gardens）、右は植栽柵（Planter Boxes）の例。

しかし、海外の事例や普及状況から学び、それらを模倣するだけでは、日本国内のグリーンインフラの普及は困難と言える。これは、日本の都市や地域の骨格的な構造をなす土木・建築的な都市インフラが、極めて高度な技術体系によって整備・運営されており、その多くをグリーンインフラによって代替できるほど単純な仕組みにはなっていないからである。これまで、個別具体的にその要素技術を開発・研究してきたグリーンインフラは、今後、国内で測定・蓄積したデータからモデルの同定を行い、短期的・長期的に都市域の水循環に与える影響を検証することが急務である。

グリーンインフラをテーマとした科学研究費助成事業は、田園都市空間の分析・計画とデザイン手法の創出（清水、2007：片桐、2011）、米国・英国の実践手法の調査（遠藤、2009：木下、2011）、測定装置や指標の開発（清水、2011：櫻庭、2011、木下：2014）がなされているが、グリーンインフラと既存の土木・建築的な都市インフラとの相互作用を想定し、都市域の水循環系の構造把握と評価について、未だ議論されていない。

本研究では、屋上緑化に関する知見に基づき、グリーンインフラの積極的導入を想定した都市域の水循環系の機構把握・評価が喫緊の課題であるという立場から、既存の都市インフラの雨水管理能力を補完する東アジアの都市デザインにおけるグリーンインフラとして、ランドスケープインフラ（宮城、2014）を着想したものである。

### 2. 研究の目的

本研究では、既存の土木・建築的な都市インフラとの相互作用を図るため、特に屋上緑化の水循環系の概念と機構の解明を重視する。具体的には、測定した各種データ（屋上緑化の雨水流出量、貯留量、温度、湿度、光量子束密度、鮮度（NDVI : Normalized difference Vegetation Index、正規化植生指数）、緑被率）を組み合わせ、屋上緑化の水循環系路図と解析モデルを作成する。この水循環系の概念と機構と時事管理作業、各種コストを対応させて、既存の都市インフラの雨水管理能力を補完するランドスケープインフラの計画・設計を提示し、日本の集約型屋上緑化がアジア型未来都市の基礎となるランドスケープインフラに展開する可能性を検討する。

### 3. 研究の方法

#### (1) 河川・下水道分野における取組状況の把握

「グリーンインフラストラクチャー ～人と自然環境のより良い環境を目指して～（国土交通省 総合政策局 環境政策課、2017）」によると、「グリーンインフラ」とは、「社会資本整備や土地利用等のハード・ソフト両面において、自然環境が有する多様な機能（生物の生息の場の提供、良好な景観形成、気温上昇の抑制等）を活用し、持続可能で魅力ある国土づくりや地域づくりを進めるもの」とし、対象事例として多自然型川づくりが挙げられている。「多自然川づくり」は、河川全体の自然の営みを視野に入れ、地域の暮らしや歴史・文化との調和にも配慮し、河川が本来有している生物の生息・生育・繁殖環境及び多様な河川環境を保全・創出するために河川管理を行うことであるが、規模が大きく、身近な河川環境で取り入れることは難しい。

そこで、実践的な取組内容を把握するため、河川分野の専門家、行政担当者、若手技術者等の有志による『小さな自然再生』事例集編集委員会に参加し、自然再生に取り組む現場の視察と意見交換を行って、河川分野における現状把握に努めた。

#### (2) 蓄積データの整理

2009年から3年間実施した研究課題「3次元GISを用いた屋上緑化計画と雨水流出遅延効果の評価(研究課題21710187)」にて実施した屋上緑化パネルの雨水滴下実験のデータを用いて、雨水流出量に関するデータを整理した。

#### (3) ランドスケープインフラの課題抽出

都市域を対象としたグリーンインフラとして、魅力ある市街地の形成を支援する緑化や道路緑化、浸透機能を持たせた植栽帯などがある。ここでは、市街地再開発等により新たに創出された緑地や屋上緑化を中心に、海外(ドイツ)と国内(東京ほか24か所)の現地視察を実施した。また、国内で緑化事業に携わる実務者に対するヒアリングから、ランドスケープインフラの課題把握を試みた。

#### (4) まとめ

上記、(1)から(3)を取りまとめる。

### 4. 研究成果

#### (1) 河川分野における取組状況

国内にて、『小さな自然再生』に取り組む現場として、岩本川(愛知県豊田市)、高時川(滋賀県長浜市)、神崎川(千葉県白井市)の3か所について、現場視察と意見交換を行った。

#### (2) 蓄積データの整理

実験区は、発泡スチロール製貯排水ボード(25mm、30mm、40mm、45mm、55mm)に石炭灰素材のリサイクル人工軽量土壌を基盤に、ケンタッキーブルーグラス“ミッドナイトII” *Poa pratensis*を張ったものとした(5種×2連、計6区)。降雨強度を時間75mm(実降雨量74.2mm/hr)と設定し、最終実験日終了後、全重量と層別の重量(ソッド、防根シート+土壌、貯排水ボード)を湿潤時、24時間乾燥時で計測し、層別貯水率(%)を算出した(図2参照)。

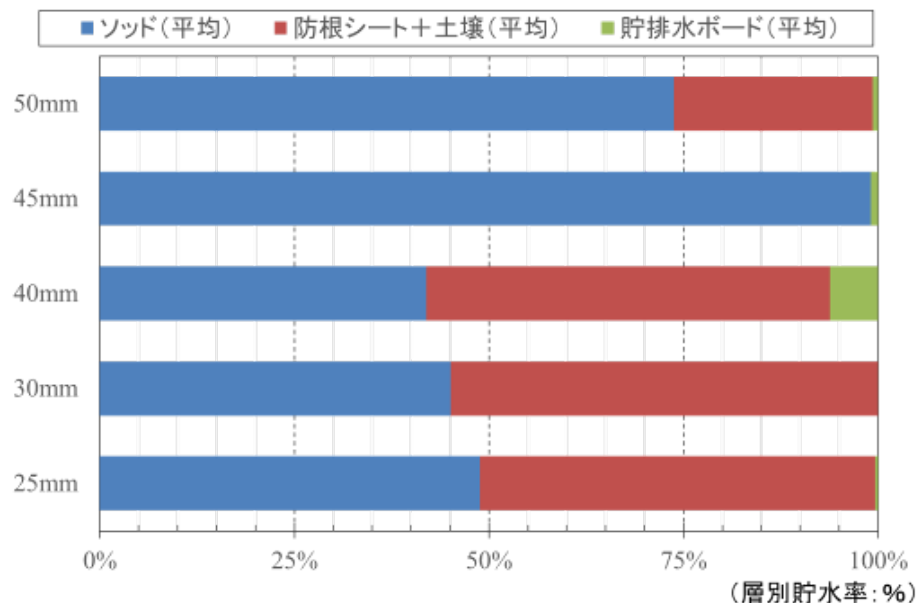


図2 屋上緑化パネルの層別貯水率(%)

#### (3) ランドスケープインフラの課題抽出

海外(ドイツ)と国内(東京ほか24か所)の現地視察を実施した。

##### a. 海外

実施日: 2017年8月12日

場所: ドイツ・フランクフルト(インターシティホテル フランクフルト エアポート)

ホテル屋上がセダムにて緑化されていた。また、屋外で養蜂を実施しており、その様子がホテル内(フロント)のテレビで放映されていた。

実施日: 2018年8月12日

場所: ドイツ・ベルリン(グライスドライエック・アム公園)

ベルリン市クロイツベルク地区の西側に位置する26haの公園(最寄駅はSバーンYorckst.、U1・2 Gleisdreieck)。駅からは、バリアフリーの出入り口がいくつか整備されている。公園

の中央を通る直線道は、ベルリン - ライプツィヒ間を結ぶ自転車道として整備される。貨物駅から公園への再生事業が評価され、2013年にベルリン建築賞を受賞している。自然保護の観点から、公園内での犬の放し飼い、バーベキューが禁止されている。

実施日：2018年8月13日

場所：ドイツ・ベルリン（ポツダム広場再開発プロジェクト）

再開発エリアの北側は、都市公園と一体となった計画がされている。街区の中心にある水辺は、各ビル群の屋上部に降った雨水を集水して、再利用するという水循環が行われている。水は、水性植物が繁茂するゾーンで生物浄化されて、放流される仕掛けとなっている。

実施日：2018年8月13日

場所：ドイツ・ベルリン（ビキニベルリン）

1955～57年、パウル・シュヴェーベスとハンス・ショストツベルガーの設計により建設。建物は文化財に指定されている。リニューアルの際に、屋上緑化を施工した。ベルリン動物園に隣接している。

## b. 国内

国内は、三越銀座店 銀座テラス（東京都中央区）、品川シーズンテラス（東京都港区）、吉祥空園（東京都武蔵野市）歌舞伎座タワー（東京都中央区）、グリーン・ワイズ本社（東京都多摩市）、日本大学藤沢キャンパス（神奈川県藤沢市）、日比谷パークフロント（東京都千代田区）、あべのキューズモール（大阪府大阪市）、中野セントラルパーク（東京都中野区）、中野マルイ（東京都中野区）、八百一本館 六角農園（京都府京都市）、ザ・プリンス パークタワー東京 プリンス芝公園（東京都港区）、赤坂インターシティ AIR（東京都港区）、京王リトナード永福町 ふくにわ（東京都杉並区）、深川ギャザリア（東京都江東区）、東京ガーデンテラス紀尾井町（東京都千代田区）、大日本印刷 市谷の杜（東京都新宿区）、深大寺ガーデン（東京都調布市）、ワイズ・スケープ（岡山県岡山市）、グランフロント新大阪（大阪府大阪市）、大阪ステーションシティ（大阪府大阪市）、なんばパークス（大阪府大阪市）、ノリタケの森（愛知県名古屋市）、昭島昭和の森 モリパークアウトドアヴィレッジ（東京都昭島市）の現地視察および担当者ヒアリングを実施した。

## c. ヒアリング

現地視察を行った国内事例 24 の中から、グリーン・ワイズ（東京都多摩市）とワイズスケープ（岡山県岡山市）の 2 社に対して、屋上緑化等、緑化事業に関わる実務者ヒアリングを実施した。

## （4）まとめ

河川分野の調査より、多自然川づくりの一つであり、規模が小さく、市民活動等、参加型の取組「小さな自然再生」により、河川分野のグリーンインフラの整備は着実に進められていた。

蓄積データの整理により、厚さ 75mm の薄層屋上緑化を想定した屋上緑化パネルの水循環経路図を作成した（図 3 参照）。ただし、芝草を植栽した薄層屋上緑化に降雨強度 75mm を想定した滴下実験であることから、表面流出が発生する場合の屋上緑化パネルの水循環経路図ではないことに注意が必要である。また、土壌および植物からの蒸発散量は、周辺の気温および湿度により影響を受けると言われており、過去の実験は、ガラス室内での実験であったことから、通常の屋上緑化の環境と比較して、高温多湿であったことが想定される。このことから、土壌および植物からの蒸発散量の計測またはシミュレーションを行い、更に精度の高い屋上緑化パネルの水循環経路図を示すことが今後の課題といえる。

緑化事業に対する実務者ヒアリングからは、数は少ないが、施工した屋上緑化の環境測定を行い、その効果を定量的に示そうとする動きがあることが明らかになった。

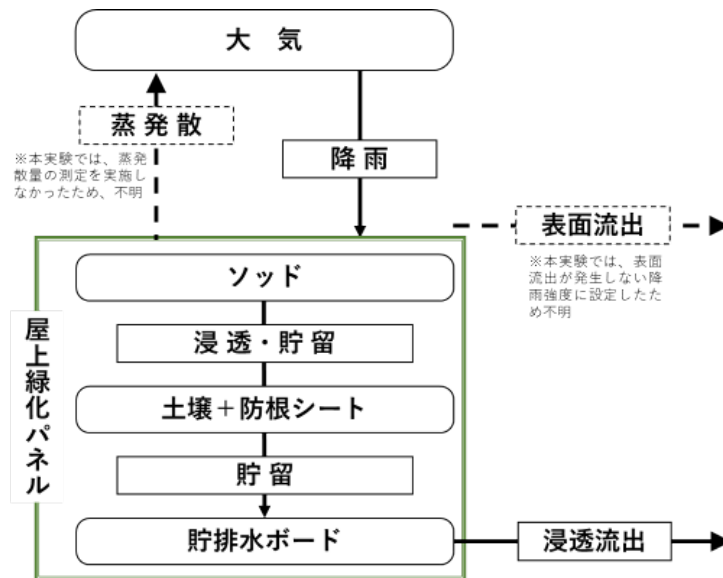


図3 屋上緑化の水循環経路：2009年の実験において、測定しなかった「蒸発散」、降雨強度の設定時に調整した「表面流出」については、点線で示している。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 8件)

- ①田口真弘・菊池佐智子 (2015) 北米2都市の緑化推進に向けた取り組みの状況と日本での適用に関する研究：都市計画報告集. 14: 51-54 (査読なし)
- ②菊池佐智子・輿水肇 (2015) 芝草地上部に設置した黒色太陽光パネルの裏面下部の温度と電力量の季節変化：ランドスケープ研究. 78(5): 638-636 (査読あり)
- ③KIKUCHI Sachiko (2016) World Green Infrastructure Congress - Vegetation Makes it Possible: Green Roof News. 28 (査読無し)
- ④菊池佐智子 (2016) 第1回ヨーロッパグリーンインフラ会議 (EUGIC2015): グリーンエイジ. 43(1): 42-44 (査読無し)
- ⑤菊池佐智子 (2016) 世界屋上緑化名古屋会議 2015 報告: Garden Center. 459: 38-39 (査読無し)
- ⑥菊池佐智子 (2016) 世界屋上緑化会議 2015 (WGIC2015): グリーンエイジ. 42: 36-37 (査読無し)
- ⑦菊池佐智子 (2015) 国内初の世界屋上緑化会議 名古屋で10月14日から開催: 建設通信新聞. 14 (査読無し、取材)
- ⑧菊池佐智子・輿水肇 (2015) 光透過量の異なる太陽光パネル下の環境測定と芝草の状態: 芝草研究. 44 別1: 50-51 (査読無し)

〔学会発表〕(計 4件)

- ①菊池佐智子、北米2都市の緑化推進に向けた取り組みの状況と日本での適用に関する研究、日本都市計画学会、2015
- ②菊池佐智子、芝草地上部に設置した黒色太陽光パネルの裏面下部の温度と電力量の季節変化、日本造園学会、2015
- ③菊池佐智子、光透過量の異なる太陽光パネル下の環境測定と芝草の状態、日本芝草学会、2015
- ④KIKUCHI Sachiko、Examination of Combination Green Roof with Photovoltaic Generation、WGIC2015 (国際会議)、2015

〔図書〕(計 0件)

該当なし

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0件)

該当なし

○取得状況 (計 0件)

該当なし

[その他]

研究成果の一部は、富士通アイ・ネットワークシステムズ株式会社の環境講演会、明治大学大学院ガバナンス研究科「Urban Management and Environment」、「緑の技法」シンポジウムにて、紹介した。

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

該当なし

### (2) 研究協力者

該当なし

※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。