

令和 5 年 6 月 22 日現在

機関番号：34303

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K20687

研究課題名（和文）雨庭の主流化モデルの提案に資する雨庭の植栽デザイン手法の開発

研究課題名（英文）The Plant selection and the planting design for rain gardens which can contribute to the mainstreaming Green Infrastructure in Japan

研究代表者

阿野 晃秀（Ano, Akihide）

京都先端科学大学・バイオ環境学部・嘱託講師

研究者番号：70817642

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：欧米で使用されてきた種やその近縁種である日本の在来種を中心に候補を選び、冠水耐性を検証した。結果、典型的な窪地型の雨庭に使用可能な植物種16種、厚い砂利マルチを使用する空隙貯留型の雨庭に適した種10種の適性が確認された。また、空隙貯留型の防草効果も確認した。本研究を通して、雨庭に適した緑化植物を選定するための実験系（490L大型プランターを使用する系と2Lポットを使用する系）と評価手法（目視・クロロフィル蛍光・葉緑素量での評価）も確立できた。実際に福岡県の民間敷地にて実装を行い、植物の適性と防草効果が検証でき、多年生草本を活用した自然風植栽が市民に好意的に受け入れられる可能性も示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

雨庭の主流化のために蓄積すべき知見の一つに緑化植物リストの作成がある。本研究では植物種の選定実験を通して実験系と評価手法を確立することができた。また、生態系サービスの享受や生息域外保全の観点から多年生草本の活用の推進は重要だが、維持管理を低減する技術が不可欠である。実験と実装による検証により、欧米で開発された空隙貯留型雨庭が我が国でも有効であり一つの解決策となることが示された。デザイン面では、世界的な潮流となりつつある多年生草本を主役にしたEcological Plantingが市民に好意的に受け入れられ得ることが示唆され、生物多様性に配慮した雨庭を推進するために重要な知見が得られたと言える。

研究成果の概要（英文）：We selected candidates mainly from plant species that have been used for rain gardens in Europe and the US and their close relatives, which are native species in Japan, and verified their resistance to cyclical floodings. As a result, 16 plant species that can be used for a typical depression type rain garden and 10 species that are suitable for a pore retention type rain garden using thick gravel mulch were confirmed. In addition, the weed control effect of the pore retention type was also confirmed. Through this research, experimental systems and evaluation methods (evaluation by visual observation, chlorophyll fluorescence, and chlorophyll content) for selecting greening plants suitable for rain gardens were established. It was actually implemented on a private site in Fukuoka Prefecture, and the suitability and weed control effect of plants could be verified. It also suggested the possibility that ecological planting using perennial herbs will be favorably accepted by citizens.

研究分野：雨庭、緑化学、ランドスケープアーキテクチャー

キーワード：雨庭 Rain Gardens グリーンインフラ Planting Design Plant selection Xeric rain garden 多年生草本 Ecological Planting

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

気候変動や生物多様性の損失が地球の安全運転の限界値を超えたとされ、自然の機能を活用するグリーンインフラ (G.I.) の推進が急務となり、2019年7月には国土交通省からその推進戦略も発表された。中でも、小規模分散型雨水管理の要素技術である緑化「雨庭」は、激化する都市型水害への対策として普及が急がれていた。また、自然欠乏症候群とされる心身の異常を訴える都市生活者も増加し、日常における自然との繋りの再生も求められている社会情勢があった。こうした背景から、雨庭を主流化し地域単位で100 mmの雨水貯留浸透を目指す「地域雨庭」の概念が都市の将来像として提案されている。また、多様な生態系サービス享受するためには植栽が必須であるが、当時、雨庭の植栽に関する知見が絶対的に不足していた。また、湿润と乾燥を繰り返す雨庭の環境に適性がある緑化植物の候補は、氾濫原や海浜などの植生である。これらは日本の都市の立地と重なるため多くの希少種が含まれ、自然再生とその植物に関連した文化の保全の観点からも重要である。京都市都市緑化協会とKES環境機構は、市内の中小企業を対象にして、京の文化にゆかりの深い希少種の育成をCSR活動として推進してきたが、自然と文化を守り育てているという貢献感が活動の魅力となるようだ。また、国の種の保存法では抜け落ちる地域単位での絶滅危惧種を掬い上げる必要があり、雨庭は域外保全の受け皿となり得た。加えて、雨庭を持続可能かつ量的に展開するためには管理負担の軽減と審美性の両立も必須である。そこで、欧米で実装の実績の多い空隙貯留型雨庭の有効性も検証することとなった。また、建設会社の協力を経て当方法を用いた雨庭を実装する協力同意も得られ、研究と実装の両輪で検証することとなった。雨庭は自然と文化の保全、洪水緩和、福祉、美観、地域活性化などに貢献し、現代都市の課題に対応する包括的な解決策であり、本研究により我が国の風土にあった雨庭の植栽デザインのモデルを提案することが期待された。

2. 研究の目的

本研究は、生物多様性に配慮した雨庭の普及可能性を飛躍的に高めるため、その実現に必須となる生態的文化的に保全意義の高い緑化植物の選定と、それらを用いた高い審美性と省維持管理を両立する雨庭の植栽デザインのモデルを開発することを目的とする。具体的には以下の3点の追求である。1)雨庭に適性があり生態的・文化的に重要な緑化植物の選定 2)欧米で維持管理コストを低減する効果が高いことに実績のある空隙貯留型雨庭の日本における有効性の評価 3)多年生草本を主体とした自然風植栽に対する選好性や雨庭に対する市民の意識評価。また、応募当時に予定していた雨庭を通して地域のステークホルダーが連携する仕組みづくりに関しては、研究時期がコロナ自粛期間と重なったため中止となった。

3. 研究の方法

【窪地型雨庭に適した緑化植物の選定】

実験区の設営

490Lのプランター内に10 cmごとの上段、中段、下段の3段階の構造を設定した(プランターには栓があり、水の貯留、排水をコントロール可能)。土壌は、雨庭の上層は真砂土+腐葉土(3:2)、下層は真砂土+腐葉土(3:2)+砂(体積40%)とした。上段にはヨメナ、クガイソウ、カワラナデシコ、キキョウ、アヤメ、シュウメイギク、中段には、オミナエシ、ヨメナ、ワレモコウ、ノカンゾウ、シュウメイギク、シモツケソウ、下段には、イグサ、ミソハギ、クリンソウ、サギソウ、カキツバタ、フジバカマを植栽した。

冠水

月に6回冠水する高頻度浸水、月に4回浸水する低頻度浸水の2つの実験区と対照区を設定した。対照区は、一般的な花壇を想定した生存維持に十分な水やりのみ。1実験区につき、3つのプランター(全9プランター)を設置した。浸水は水を溜めて、根が水に浸かる状態にし、1日後に排水した(期間は2021年6月から2021年10月末まで)。

測定項目

選定した植物の生育状態を高さ・被度・花期・花芽の数・枯死数を計測することで経過観察し、雨庭環境への適性を評価した。

【空隙貯留型雨庭に適した緑化植物の選定】

実験区の設営

49Lプランターの下層に真砂土と腐葉土（6：4）を混合した土を厚さ10cmで敷いた。径が10～30mmの川砂利の層が20cm、10cm、2～3cmのプランターをそれぞれ3つずつ用意した。ハマニガナ、コウボウムギ、ハマユウ、タツナミソウ、ハマベノギク、ハマナデシコ、ハマカンゾウ、トウテイラン、ハマギク、ノジギク、ダルマガク、イソギク、キリンソウ、アサギリソウ、テッポウユリ、サツマノギク、カワラナデシコ、マツムシソウの計18種を各のプランターに植栽した。

冠水

一ヶ月に一度、24時間浸水と48時間浸水をそれぞれ1回ずつ行った。また維持管理として灌水と除草はおこなわれた（期間は2021年6月から2021年10月末までと2022年6月～2022年10月末）

測定項目

2021年度は、高さ・被度・花期・花芽の数・枯死数、プランターごとの雑草侵入数を計測し、2022年度は、雑草侵入数とクロロフィル蛍光と葉緑素量をそれぞれPHOTON SYSTEMS INSTRUMENTS社FlourPen E-FPとKONICA MINOLTA社SPAD-502 Plusで測定した。

【雨庭に適した緑化植物のより定量的な選定方法の確立】

実験区の設定

2Lポットに真砂土と腐葉土（6：4）を配合した土を入れ、ミソハギ、オミナエシ、ヨメナ、ノカンゾウ、アヤメ、カワラナデシコ、キキョウ、ワレモコウ、フジバカマ、シュウメイギク、ヒオウギ、ハマカンゾウ、ツワブキ、クガイソウを植栽した（それぞれ15ポットずつ）。

冠水と計測

プラスチックバスに20cmほど水をはり、一週間に一度1日冠水する区、2日冠水する区、冠水させない区を作り、それぞれ5ポットずつサンプルを設定した。生育状態は、クロロフィル蛍光と葉緑素量をそれぞれPHOTON SYSTEMS INSTRUMENTS社FlourPen E-FPとKONICA MINOLTA社SPAD-502 Plusで測定した。

【社会実装した雨庭のモニタリング】

設定

福岡県新宮町にある民間建築事務所の敷地内に“山”の雨庭：22.4㎡、“海”の雨庭：12㎡を設定した。山の雨庭は真砂土と腐葉土（6：4）の層20cmの上に、5cmの砂利層が、海の雨庭は、真砂土と腐葉土（6：4）の層10cmの上に20cmの砂利層を敷いた。山の雨庭にはミソハギ、ショウブ、シャガ、シュウメイギク、フィリヤブラン、ツワブキ、ホトトギス、オミナエシ、キキョウ、ギボウシを、海の雨庭にはアガパンサス、エリゲロン、カワラナデシコ、トウテイラン、ガウラを植栽した。

維持管理と計測

天水と107㎡の屋根に降った雨水のみで人工的な灌水は行わなかった。除草は、毎月の計測後に手で雑草を引き抜く簡単な除草を行った。生育状態は、植栽した全ての苗に番号をつけ、右表のとおり目視で評価した。コドラート（山側：60cm x 24cmを18区）、海側：50cm x 50cmを10区）を満遍なく設置して雑草の芽数をカウント（1回/月）した。

印象評価と雨庭についての意見

新宮町の地域住民45名に雨庭の写真をもとに10段階で評価してもらった。また、雨庭を導入する際の動機についてもアンケート調査を行った。

4. 研究成果

【窪地型雨庭に適した緑化植物の選定】

最も典型的な形式である窪地型の雨庭の地形をプランター内で再現し、浸水頻度を変えることで16種の冠水耐性を検証した。各植物の高さ・被度・開花・鑑賞価値からみた葉の状態を月に一度記録した。結果、選定した16種すべては乾湿の変化の激しい雨庭の環境に耐えることが実証された。浸水頻度の違いによる生育への影響の差は見られなかった。本実験で用いた検証した16種は以下の通りである。雨庭の底部への植栽を想定した種：イグサ・ミソハギ・フジバカマ・サギソウ・カキツバタ・クリンソウ。雨庭の側面への植栽を想定した種：オミナエシ・ヨメ

ナ・ワレモコウ・ノカンゾウ・シュウメイギク・シモツケソウ。雨庭の 上部への植栽を想定した種:クガイソウ・アヤメ・カワラナデシコ・キキョウ・ヨメナ・シュウメイギク。

【空隙貯留型雨庭に適した緑化植物の選定】

空隙貯留型雨庭に適した植物の種の選定実験を行い 18 種中 10 種に適性があることが示唆された。植栽基盤である砂利の厚み 10cm・20cm による生育への影響に 大きな差は見られなかった。適性があると判断された種:コウボウムギ・タツナミソウ・ハマナデシコ・ハマカンゾウ・トウテイラン・ハマギク・キリンソウ・テッポウユリ・サツマノギク・カワラナデシコ。適性がないと判断された種:ハマニガナ・ハマユウ・ハマベノギク・ノジギク・ダルマガク・アサギリソウ・マツムシソウ。雑草の芽生えの数は、二年間の継続実験の結果、20cm 区、10cm 区ではプランターあたり 10 以下に抑えられたのに対し、2~3cm 区ではピーク時には 140 を超え 80 倍以上の防草効果が示された。一方で、10cm 区と 20cm 区では、少なくとも 2 年間の継続実験では防草効果に違いは見られなかった。

【雨庭に適した緑化植物のより定量的な選定方法の確立】

本実験は、実験系に改善点が見つかり、2023 年度も継続調査中であるため、以下は中途報告となる。植物体の受けるストレスの検知方法として、光合成活性と葉緑素量を測定した。結果、ミソハギやオミナエシなどの冠水の影響が見られない種(=雨庭の底部に適している)、カワラナデシコやキキョウなど冠水ストレスと受けやすい種(=雨庭の上部に適している種)を判別することができた。また、葉の状態などを目視評価していた前年度までの実験系では得られなかった成果として、真夏日では冠水によって光合成活性の状態が有意に改善した。これは、冠水日以外の乾燥のストレスからの回復によるものと考えられる。渇水の頻度も高くなってきている昨今の気候を鑑みると、雨庭に適した植栽の特性として、乾燥耐性も考慮する必要が示唆された。

【社会実装した雨庭のモニタリング】

植栽した 17 種のうち枯死が確認されたのはシャガのみで、その他の種は灌水の無い条件下で問題なく成長し開花も観察された。雑草の侵入も 1 コド ラート(約 1m²)あたり 2 個体に抑えられていた。また、当該雨庭に対する住民の意識評価も行った。10 段階評価では、雨庭導入前の一般的な植栽(カイヅカイブキとパンジー)と比べて平均して約 2 点評価が上がった。「雨庭を自宅の敷地に導入したい」と回答した人の主要な理由は「地域の治水に貢献したい」「街並みの美化に貢献したい」「自然な雰囲気が好きだから」「除草が楽だから」「季節の変化が楽しめるから」であった。以上より、本研究で扱った雨庭のシステムと デザインは、一般的な植栽帯・花壇よりも維持管理の手間を省くことができ、治水・防災に関心のある住民に好意的に受け入れられることが示唆されたと言える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 水口将武
2. 発表標題 雨庭に適した緑化植物の選定：多年草草本15種の冠水耐性の検証
3. 学会等名 ELR2022 つくば
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 阿野晃秀
2. 発表標題 福岡県新宮町における雨庭に対する住民の意識と評価に関する研究
3. 学会等名 ELR2022 つくば
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 水口将武
2. 発表標題 Selection of Japanese indigenous perennials suitable for rain gardens
3. 学会等名 ICLEE 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 阿野晃秀
2. 発表標題 Plant selection for low-maintenance xeric rain gardens in Japan
3. 学会等名 ICLEE 2022
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔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	森本 幸裕 (Morimoto Yukihiro) (40141501)	京都大学・地球環境学堂・名誉教授 (14301)	
研究 分担者	山下 三平 (Yamashita Sampei) (50230420)	九州産業大学・建築都市工学部・教授 (37102)	

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