

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 16 日現在

機関番号：12501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26750001

研究課題名(和文) 粗放的な屋上緑化の緑化技術、環境改善効果および心理評価に関する研究

研究課題名(英文) Investigation of technology, improvement of environment and perception for extensive green roofs

研究代表者

永瀬 彩子 (Nagase, Ayako)

千葉大学・国際教養学部・准教授

研究者番号：80544535

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、屋上はらっぱの普及を目的として、緑化技術、環境改善効果、心理評価の3つの側面から総合的に調査・分析を行った。生物多様性創出効果：リサイクル材のみを利用して近隣の植生を再現した屋上はらっぱでは、屋上ビオトープとは異なる草原性の動物相を中心とした生物多様性創出効果が示された。温熱環境効果：熱フラックスの分析結果より、冬季の東京・石川共にギンゴケ、セダム、スズメノヤリ、混合栽培を行った屋上緑化が断熱性に効果的であることが示された。心理評価：粗放型屋上緑化の画像を利用して評価を行ったところ、自然との触れ合い経験があるグループは、親しみが魅力を評価する重要な要因となっていることが示された。

研究成果の概要(英文)：This study investigated greening technology, improvement of environment and psychological benefits for development of green roof meadow (Harappa) in Japan. Biodiversity benefits: the green roof meadow, which were made of only recycle materials to recreate local landscape, were able to provide the habitats mainly for grassland fauna. Thermal benefits: it was shown that vegetation influenced the thermal environment during winter and Bryum argenteum, Sedum sarmentosum and Luzula capitate were effective for insulation on green roofs in both Tokyo and Kanazawa. Psychological benefits: It was also shown that familiarity contributes to the attractiveness of extensive green roofs in those who had experience with plants.

研究分野：都市緑化

キーワード：生物多様性 都市生態 環境心理

## 1. 研究開始当初の背景

都市環境改善効果を期待されて増加してきた屋上緑化は、施工・管理コストや荷重、灌水などの問題から近年、単年度当たりの施工件数・面積共に減少傾向にある<sup>1)</sup>。これを打開するためには、安価、軽量、灌水・管理がほとんど不要な粗放的な屋上緑化の新しいデザインが求められている。本研究では、かつて町中で野球などを行う子供の遊び場として利用されていた空き地を再現する粗放的な屋上緑化「屋上はらっぱ」に注目した。屋上はらっぱは、リサイクル素材のみを土壌基盤や排水保水層として用いて、使用者自らが調査・施工・デザインに関わり、楽しみながら、親しみある近隣植生を再現する。

## 2. 研究の目的

本研究では、屋上はらっぱの普及を目的として、緑化技術、環境改善効果、施工プロセスへの参加の意義などの心理評価の3つの側面から総合的に調査・分析を行う。このような総合的な研究は、他の屋上緑化デザインの普及の際にも応用可能であり、屋上緑化のさらなる増加に貢献し、都市の環境改善を改善することを最終目標とする。下記3項目について報告する。

### (1) 屋上緑化の生物多様性創出調査

リサイクル材のみを利用して施工を行った屋上はらっぱにおいて、生物多様性の創出は、最も重要な環境改善のひとつである。日本では、生物多様性創出のために、池を含むビオトープが使用されることが多いが、はらっぱとの違いを評価したものは見当たらない。そこで、本研究では、屋上はらっぱと屋上ビオトープの生物多様性創出の調査を行った。

### (2) 屋上緑化の温熱環境に関する研究 ~ 植栽の違いが与える影響 ~

屋上緑化で乾燥に強い植物を画一的に用いるのではなく、植物の生態を理解した上で、屋上環境に適した植物を選択し、組み合わせることにより、持続的で効果的な環境改善が可能であることが既往研究より示されている<sup>(2)(3)</sup>。本研究では、熱環境の中でも既往研究が少ない屋上緑化による冬の断熱効果に焦点を当て、草丈や葉の形状が異なる植物を用いて、断熱性の検証を行った。また、土地の気候や環境条件の違いにより、断熱効果に違いが出るのかを検証するため、東京と石川における実験を行った。

### (3) 植物との触れ合い経験が粗放型屋上緑化の評価に与える影響

屋上緑化では、緑化面積を確保、あるいはヒートアイランド現象緩和効果などの環境改善を期待され、人との関わりはほとんど認識されてこなかった。粗放型屋上緑化は、省管理のため、草原のような自然の植栽になることが多く、常に管理を行うことにより整った植栽を保つ集約的な屋上緑化とは異なる魅力があると考えられる。しかし、粗放型屋上緑化に着目し、その心理評価を行った研究は少ない。本研究では、多彩な粗放型屋上緑化に対する人々の魅力の構成要素を調査し、植物の触れ合いの経験がどのように粗放型屋上緑化の評価に影響を及ぼすのか分析を行った。

## 3. 研究の方法

### (1) 屋上緑化の生物多様性創出調査

粗放的な屋上緑化(屋上はらっぱ、180m<sup>2</sup>)において、2012年近隣の植生を利用した区と購入した自生種の区を設置した。屋上はらっぱでは、排水保水層に竹、ペットボトルのフタ、フリースなど、培地に瓦やコンクリートなどリサイクル材を利用して、5cmから20cmの土壌厚に変化をつけた。近隣植生の区では、近隣の土壌を採取し、土壌と共に入った種と雑草によって構成されている。購入した自生種の区においては、11種の自生種を20ポット購入した。生息可能な植物の評価および生物多様性の創出の調査を2013年から2015年まで月1回(17回)行った。また、10階に設置されている池を含む自生種を利用した集約的な屋上緑化(屋上ビオトープ、150m<sup>2</sup>)の生物多様性調査も同時に行い、比較を行った。屋上ビオトープは、樹木を含む庭園であり、主として自生種が植栽され、定期的な灌水と管理が行われていた。

### (2) 屋上緑化の温熱環境に関する研究 ~ 植栽の違いが与える影響 ~

東京都市大学世田谷区等々力キャンパス内4階屋上および石川県野々市市松にある石川県立大学内4階屋上で、下記全く同じ材料を用いて実験を行った。510mm×360mm×105mmのパレットを用意し、その上に耐根シートを敷き、鹿沼産黒土を800mm入れた。実験に用いる植物はスギナ、ヨモギ、スズメノヤリ、ギンゴケ、ツルマンネンゲサ(セダム)の5種である。植物は、乾燥に強い在来種で、長期間研究を行うため、多年草を選択した。植栽条件としてはスギ

ナ、ヨモギ、スズメノヤリ、ギンゴケ、セダムをそれぞれ単一栽培したパレットと、5種類の全てを混合栽培したパレットと、何も栽培しない状態のパレットの7種類を用意した。植物の配植方法は縦4個体、横6個体の計24個体を1つのパレットに植えた。これを各種5反復ずつ計35パレット設定した。トレーと耐根シートの間、トレーの中央部に熱フラックスセンサーとなるサーモモジュール(ペルチェ素子)を35トレーすべてに設置した。また、温度を計測するため、同じ位置に熱電対 T-type をそれぞれの代表的な植栽、すなわち、7トレーに設置した。サーモモジュールと熱電対は、計測機器 AM16/32B、AM25T に接続した。データロガーは CR10X WIRING PANEL、蓄電器には PS12 を用い、太陽光パネルにより発電したものを蓄電した。東京では、熱フラックスと温度の測定は 2015 年 11 月 13 日 14 時 30 分より開始し、石川では、2015 年 12 月 14 日 17 時 00 分より開始した。測定は、30 分ごとに行うように設定した。計測した値は、熱フラックス ( $W/m^2$ ) =  $5.01 \times$  サーモモジュール出力 (mV) + 1.76 の式によって、熱フラックスに換算した。

### (3) 植物との触れ合い経験が粗放型屋上緑化の評価に与える影響

被験者は、20 代・30 代の 62 名 (男 34 / 女 28)、40 代・50 代の 39 名 (男 4 / 女 35)、60 代以上の 34 名 (男 22 / 女 12) である。刺激は、日本や海外で撮影された 19 枚の粗放型屋上緑化の写真を利用した。各屋上緑化写真に対して「あなたは写真を見てどのような印象を持ちましたか?」という設問を用意し、14 の形容詞対 (表 1) を用いて 7 段階印象評価をしてもらった。

表 1 印象評価で用いた 14 の形容詞対

魅力的な—魅力的でない	整然とした—雑然とした
好ましい—好ましくない	にぎやかな—静かな
古い—新しい	安らぐ—落ち着かない
見慣れた—新奇的な	楽しい—楽しくない
単調な—複雑な	快適な—不快な
自然な—人工的な	おもしろい—おもしろくない
美しい—醜い	親しみを感じる—よそよそしい

画像 19 枚の印象評価を終えた後、被験者の植物との触れ合いの程度を調査するため、以下の質問項目を設け、はい・いいえから 1 つを選択してもらった。

自分で植物を育てた経験があるか  
 庭のある住戸に住んでいた経験があるか  
 子供の頃はらっぱで遊んだ経験があるか  
 まず初めに「植物を育てた経験」「庭のあ

る住宅に住んでいた経験」「子どもの頃らっぱで遊んだ経験」のあるなしで被験者をグループ分けした。自分で植物を育てた経験 (ある 121 名、ない 114 名) 庭のある住宅に住んでいた経験 (ある 111 名、ない 124 名)、子供の頃はらっぱで遊んだ経験 (ある 124 名、ない 111 名) であった。

次に被験者が評価した 14 の形容詞対に対して +3 から 1 点刻みで -3 まで点数をつけ、グループごとに刺激画像 19 枚における各形容詞の平均値を算出した。各屋上緑化写真に対して「あなたは写真を見てどのような印象を持ちましたか?」という設問を用意し、14 の形容詞対 (表 1) を用いて 7 段階印象評価をもらった (表 2)。「魅力的な」を従属変数とし、他 13 の形容詞対を独立変数として重回帰分析をおこなった。重回帰分析の方法はステップワイズ法を採用し、[ステップワイズのための F 値確率] は [投入値] を 0.05、[除去値] を 0.10 とした。また欠損値の設定は [リストごとに除外] を採用した。

表 2 各形容詞対の得点方法

	非常に	かなり	やや	どちらともいえない	やや	かなり	非常に	
魅力的な	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3	魅力的でない

## 4. 研究成果

### (1) 屋上緑化の生物多様性創出調査

調査期間中、屋上はらっぱでは、71 種 (16 目)、屋上ビオトープでは 93 種 (13 目) の無脊椎動物が見られた。そのうち、19 種が共通して見られた種で、屋上はらっぱでは、40 種が草原性のスペシャリストで、屋上ビオトープでは、30 種が草原性のスペシャリストであった。屋上ビオトープでは、動植物にとって安定した環境を提供することが可能であった。一方、屋上はらっぱは、薄層で、灌水装置がないため、夏の過酷な時期には、無脊椎動物がほとんど見られなかった (図 1)。屋上ビオトープではより多くの昆虫の種数が見られたが、屋上はらっぱでは異なる種類の昆虫を誘引することができたため、目的によって使い分ける必要があることが示された。

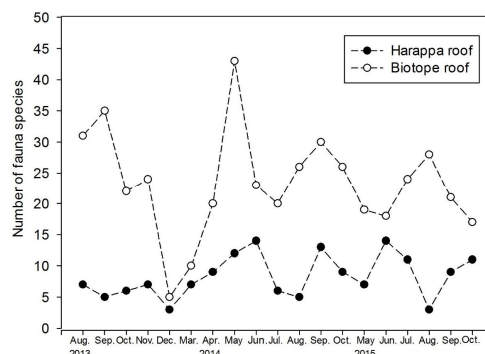


図 1 千葉大学の屋上はらっぱと屋上ビオト

## (2) 屋上緑化の温熱環境に関する研究 ~ 植栽の違いが与える影響 ~

### 東京における測定結果および考察

2015年11月13日から2016年1月20日までの結果からどの日もほぼ同じ傾向が見られた。そのため、東京の結果は、12月4日を選択した。天候は1日中快晴で平均気温は9.9、最高気温は14.2、最低気温は5.4であり、晴れていながら平均気温は低く、最高気温と最低気温の差が大きい日となっていた。図2は熱フラックスの推移を表したグラフである。植物の違いは熱フラックスに有意な差をもたらすことが示された。断熱効果を期待できる植物はギンゴケ、セダム、混合栽培、スズメノヤリであった。ヨモギ、スギナ、土は前者4つに比べて、断熱効果が期待できない結果となった。これは、植物の被覆に関係がある<sup>4)</sup>。土は緑化されていないため冷気の影響を直接受ける。スギナやヨモギは冬になると葉が枯れてしまうため被覆が低下した。そのため、冷気の影響を受けやすくなった。ギンゴケはパレット全面を覆うように植栽されているため外気の影響を受けず、土中の暖気を逃がさないと考えられる。セダムはパレット全面を覆うように植栽しているものの、冬になると葉が枯れるため被覆が低下し、外気の影響を受けやすくなるため、ギンゴケのような断熱効果は見られなかった。混合栽培ではスギナやヨモギは枯れてしまうがギンゴケやスズメノヤリのような冬でも枯れない植物が断熱効果をもたらしている。

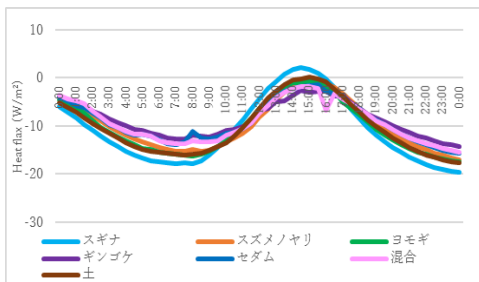


図2 12月4日における各植物の熱フラックス推移 (東京)

### 石川における測定結果および考察

石川は東京と同様に、実験期間を通じほぼ同じような傾向が見られたため、12月29日の記録を取り上げた。石川の12月29日は1日を通して雪で平均気温は1.8、最高気温は5.1、最低気温は0.3となり寒い1日となった。

図3は石川の12月29日は熱フラックスの推移を示したものである。スギナは計測の不具

合により異常値を示したため除外した。統計分析では、植物の違いによる有意差は見られなかった。しかし、東京と同様に、ギンゴケ、セダム、スズメノヤリ、混合栽培は断熱性が期待できることが示唆された。スズメノヤリが最も断熱性があったのは、葉が枯れずにいたため、雪と土の間に空気の層ができ、断熱材の役割をしたからだと推測される。

熱フラックスの分析結果より、冬季の東京・石川共にギンゴケ、セダム、スズメノヤリ、混合栽培が断熱性に効果的であることが示された。東京と石川に共通して、黒土を用いると日中に日光の熱を吸収するので温度が上昇した。しかし、黒土は、昼間に貯蓄した熱を夜間に保温することができないため急速に温度が低下する。これらから、オフィスや公共施設など、昼間に人々が活動する建物では、黒土を用いたほうが温度の上昇が期待できる。一方、昼間よりも夜間に冷気の断熱が望まれるマンションなどの住居では、温度の上昇はあまり見られないが夜間に温度の低下が見られない安定した結果を出したギンゴケが最適だと考えられる。また、雪の日は、ギンゴケよりもスズメノヤリのほうがより良い断熱性を示した日もあり、引き続き調査が必要である。

以上の熱フラックスと温度の結果から、ギンゴケが冬の屋上緑化に用いる植物として最適であると言える。ただし、1年を通して最適な植物を決めるのは今後の調査が必要である。また、今後の課題としては、本研究では風の影響、土中に蓄積された水分量、計測器の接地面である屋上の東京と石川の素材の違い、屋上の下の階の室温の影響を考慮していないため、これらを考慮した総合的な研究が必要となってくる。

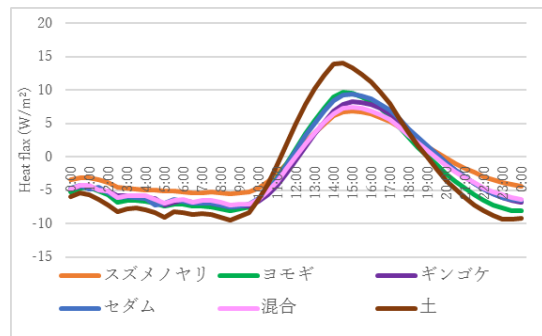


図3 12月29日における各植物の熱フラックス推移 (石川)

## (3) 植物との触れ合い経験が粗放型屋上緑化の評価に与える影響

自分で植物を育てた経験の有無

自分で植物を育てた経験があるグループ

121名において「魅力的な」を従属変数とした重回帰分析をおこなった結果、【「好ましい」と「美しい」】において高い相関関係を得た。相関が強すぎる「好ましい」を独立変数から除外し分析をおこなうと、「魅力的な」の独立変数は「面白い」「美しい」「親しみを感ずる」で表され、標準化係数ベータの値は「面白い」が0.408、「美しい」が0.634、「親しみを感ずる」が0.123であった。

自分で植物を育てた経験がないグループ14名において「魅力的な」を従属変数とした重回帰分析をおこなった結果、【「魅力的な」と「好ましい」】において高い相関関係を得た。相関が強すぎる「好ましい」を独立変数から除外し分析をおこなうと2「魅力的な」の独立変数は「美しい」「単調な」で表され、標準化係数ベータの値は「美しい」が0.993、「単調な」が-0.385であった。

#### 庭のある住宅に住んでいた経験の有無

庭のある住宅に住んでいた経験があるグループ111名において「魅力的な」を従属変数とした重回帰分析をおこなった結果、【「好ましい」と「美しい」】において高い相関関係を得た。相関が強すぎる「好ましい」を独立変数から除外し分析をおこなうと、「魅力的な」の有意な独立変数は「面白い」「美しい」「親しみを感ずる」で表され ( $p < 0.01$ )、標準化係数ベータの値は「面白い」が0.370、「美しい」が0.689、「親しみを感ずる」が0.111であった。

庭のある住宅に住んでいた経験がないグループ24名において「魅力的な」を従属変数とした重回帰分析をおこなった結果、【「好ましい」と「美しい」】において高い相関関係を得た。相関が強すぎる「好ましい」を独立変数から除外し分析をおこなうと、「魅力的な」の有意な独立変数は「快適な」「面白い」「美しい」で表され ( $p < 0.01$ )、標準化係数ベータの値は「快適な」が0.249、「面白い」が0.417、「美しい」が0.412であった。

#### 子どもの頃原っぱで遊んだ経験の有無

子どもの頃原っぱで遊んだ経験があるグループ124名において「魅力的な」を従属変数とした重回帰分析をおこなった結果、【「好ましい」と「美しい」】において高い相関関係を得た。そのため「好ましい」を独立変数から除外し分析をおこなうと、「魅力的な」の独立変数は「快適な」「面白い」「美しい」「親しみを感ずる」で表され ( $p < 0.01$ 、親しみを感ずるのみ  $p < 0.05$ )、標準化係数ベータの値は「快適な」が0.119、「面白い」が0.380、「美しい」が0.554、「親しみを感ずる」が0.113であった。

子どもの頃原っぱで遊んだ経験がないグル

ープ11名において「魅力的な」を従属変数とした重回帰分析をおこなった結果、相関の高い組み合わせは得られなかった。そのためすべての独立変数を除外することなく分析をおこなうと「魅力的な」の独立変数は「好ましい」「面白い」「美しい」で表され、標準化係数ベータの値は「好ましい」が0.174、「面白い」が0.435、「美しい」が0.622であった。

「植物を育てた経験」「庭のある住宅に住んでいた経験」「子どもの頃原っぱで遊んだ経験」のあるなしそれぞれのグループにおける「魅力的な」と有意に相関のある独立変数を標準化係数ベータの値が高い順に羅列し(表2)。すべてのグループに共通して見られる形容詞として「美しい」があげられ、「美しさ」は自然との触れ合い経験の有無に関わらず、粗放型屋上緑化の評価において重要な形容詞であることがわかる。また表左側のグループすべてに共通して見られる形容詞として「美しい」の他に「面白い」と「親しみを感ずる」があげられる。「面白い」は「庭のある住宅に住んでいた経験」がないグループ、「子どもの頃原っぱで遊んだ経験」がないグループにも見られるが、「親しみを感ずる」は表右側のグループには見られない。自然との触れ合い経験があるグループでは、自然との触れ合い経験がないグループと違い「親しみを感ずる」ことが粗放型屋上緑化景観の魅力の評価する重要な要因となっていると言える。

緑化技術、管理、コストなどだけでなく、以上のような心理評価を十分考慮して粗放型屋上緑化を推進していく必要がある。人との関わりを十分考慮した粗放型屋上緑化の施工が屋上緑化の発展に繋がっていくと考えられる。

表2 各グループにおける「魅力的な」と有意に相関のある独立変数

	ある	ない
自分で植物を育てた経験	美しい	美しい
	面白い	複雑な
	親しみを感ずる	—
庭のある住宅に住んでいた経験	美しい	面白い
	面白い	美しい
	親しみを感ずる	快適な
子どもの頃原っぱで遊んだ経験	美しい	美しい
	面白い	面白い
	快適な	好ましい
	親しみを感ずる	—

#### <引用文献>

- 1) 国土交通省(2015)平成25年全国屋上・壁面緑化施工実績等調査結果、国土交通 <[http://www.mlit.go.jp/report/press/toshi10\\_hh\\_000171.html](http://www.mlit.go.jp/report/press/toshi10_hh_000171.html)>(2015年7月2日アクセス)
- 2) Nagase, A., Dunnett, N., 2012. Amount

of water runoff from different vegetation types on extensive green roofs: Effect of plant species, diversity and plant structure, *Landscape and Urban Planning* 104, 356-363.

3) Lundholm, J., et al., 2010. Plant species and functional group combinations affect green roof ecosystem functions. *PLoS ONE* 5(3)<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0009677>

4) Bevilacqua, P. Et al., 2015. Plant cover and floristic composition effect on thermal behaviour of extensive green roofs, *Building and Environment* 92, 305-316

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Nomura, M., Nagase, A. Insect fauna on different types of green roofs in Japan: Biotope, herb and meadow green roofs, *Proceeding of XXV International Congress of Entomology*, 査読有, 2016, DOI:10.1603/ICE.2016.114492.

〔学会発表〕(計 7 件)

小森俊哉、熊坂英子、永瀬彩子、小山慎一 粗放的な屋上緑化が人に与える影響とその魅力：世代間の比較、デザイン学会、2014年7月4日～7月6日福井工業大学(福井)

永瀬彩子、小森俊哉、熊坂英子、小山慎一 植物の触れ合い経験が粗放型屋上緑化の評価に与える影響、感性工学会、2015年9月1日～9月3日、文化学園大学(東京)

小森俊哉、永瀬彩子、小山慎一、利用者を想定した施工のための粗放型屋上緑化印象評価、感性工学会、2015年9月1日～9月3日文化学園大学(東京)

Nagase, A., Plant selection for extensive green roofs to optimize water management, *International Skyrise Greenery Conference (招待講演)*, 2015年11月5日～7日, Singapore

Nagase, A. Community participation to promote green roofs in Japan, 1<sup>st</sup> Asia-Pacific Environment Landscape Architecture Forum, 2015年11月23日～11月25日, Seoul.

野村昌史、永瀬彩子, 屋上緑化の改修が昆虫相に与える影響、日本応用動物昆虫学会、2016年3月26日～3月29日、大阪府立大学

野村昌史, Insect fauna on different types of green roofs in Japan: Biotope, herb and meadow green roofs, 2016年9月25日～30日, 2016, *International Congress*

of Entomology, Orland Florida USA

〔図書〕(計 1 件)

永瀬彩子, 特殊緑化、造園実務必携、査読有、2017、印刷中

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

永瀬 彩子 (NAGASE, Ayako)  
千葉大学 国際教養学部 准教授  
研究者番号：80544535

##### (4) 研究協力者

野村 昌史 (NOMURA, Masashi)  
千葉大学 園芸学部 准教授  
研究者番号：50228368

小山 慎一 (KOYAMA, Shinichi)  
筑波大学 芸術系 教授  
研究者番号：40420913