

# 屋上緑化としてのビオトープ・パッケージに関する研究 -ヒートアイランド緩和及び生物多様性保全に着目して

Study on "Biotope-package" as Ecological Roof Vegetation  
-Focus on the Effect for Biodiversity Conservation and Heat Island Mitigation

田中 章<sup>\*</sup> 藤瀬 弘昭<sup>\*\*</sup>  
Akira TANAKA<sup>\*</sup> Hiroaki FUJISE<sup>\*\*</sup>

## 1. 背景と目的

長年の累積的な開発により、都市及び周辺域における水辺や緑地は大幅に減少し、さらに現在も減少の一途を辿っている。その結果、都市及び周辺域においては野生生物のハビタット減少、ヒートアイランド現象、都市型洪水、都市型干ばつといった深刻な環境問題が顕在化している。こうした傾向を改善するためには、都市及び周辺域において緑地を復元・創造することが必要となってくる。しかし、過密化とモザイク化の進んだ都市域においては、水辺や緑地の確保は現実的に困難である。そこで注目されているのが、屋上緑化や壁面緑化である<sup>1)</sup>。

しかし、現在の屋上緑化は、「湿地に着目した屋上緑化による自然復元の事例は極めて少ない」、「野生生物のハビタット機能を考慮していない」などの問題点もある。また、既存の建築物では積載荷重の制限が厳しく、大掛かりな施工を必要とするため、緑化は困難であるとされている。こうした課題の解決策の一つとして、本研究室ではビオトープ・パッケージの概念を提案した(表-1)。

2004年、2005年にはプロトタイプとして、屋上において355kg/m<sup>2</sup>で8m<sup>2</sup>のビオトープ・パッケージを造成した。そして、ビオトープ・パッケージに関するハビタット機能、ヒートアイランド緩和機能、雨水貯留機能に関して検証を行った。以上の研究に関して2007年度に技術報告を行った<sup>2)</sup>。技術報告の中では、今後の課題としては、今回は積載荷重に十分な余裕があり、ビオトープ・パッケージの設置ができたが、今後の普及に向けて、より汎用性のあるビオトープ・パッケージの造成が求められるとされた。この課題を受け、2008年に、より軽量で簡易的な施工が可能であるビオトープ・パッケージを新たに屋上に造成した。本ビオトープ・パッケージは軽量であり水、土、植物を用いた湿地型を造成することが可能となった。

そこで本報告では、2008年に造成したビオトープ・パッケージのヒートアイランド緩和効果を検証するため、水、土、植物のそれぞれの組み合わせによるヒートアイランド緩和効果の検証、及びビオトープ・パッケージを用いた生物多様性保全の効果について報告する。

## 2. 研究方法

### (1) ヒートアイランド緩和効果の検証

屋上における「水」、「土」、「植物」を組み合わせたビオトープ・パッケージ造成による、ヒートアイランド緩和効果を検証するため、容器直下のコンクリート面及び屋上のコンクリート面の温度測定を行った。容器は「水」「土」「植物」をそれぞれ組み合わせた8つのタイプを設置して、容器ごとのヒートアイランド緩和効果の検証を行った。

実験は武藏工業大学(現:東京都市大学)横浜キャンパス情報メディアセンター屋上(地上約9m)に設置した。実験区は、容器だけ、「水」「土」「植物」それぞれの要素が入った容器、2つの要素を組み合わせた容器、3つの要素が組み合わさった容器の計8タイプの容器を設置した。各実験対象容器のリストを表-2に示す。

容器はポリプロピレン製の茶色の容器(100cm×80cm×H10cm)を用いた。「水」は、本大学地下にある雨水貯水タンクの雨水を利用し、水深5cmとした。「土」は、屋上緑化でよく使用される、透水性と保水性に優れた人工軽量土壤を使用し、5cm厚とした。「植物」は、緑被率が高く比較的環境の変化にも強いとされる、湿生植物で雑草と扱われるイボクサ(*Murdannia keisak*)を用いた。

表-1 ビオトープ・パッケージの基本理念

基本理念
■ 累積的な開発に伴う生物生息空間の消失に対して、生物多様性オフセットとしてビオトープの損失の補償を行うもの。
■ 単体としては小規模だが、数多く設置することでネットワークを形成し、総体としてビオトープの機能を期待できるもの。
■ 断熱効果、潤い供給、小規模分散型ダム、生物生息地などの多様な環境保全機能を有するもの。
■ 計画時に周辺地域の潜在及び既存環境を調査し、それらの構成要素を導入し、在来種による多様性を実現できるもの。
■ 水循環などビオトープの環境維持に必要なエネルギーを、太陽光などの自然エネルギーでまかなうもの。
■ 製作に必要となる構成要素の全てをパッケージした形で提供することで、簡易な導入を可能とするもの。
■ 建物の屋上、壁面、地上(庭)、ベランダなどの連続性を少しでも実現する形になっているもの。

出典: 3) より引用

\* 東京都市大学環境情報学部  
\*\* 東京都市大学大学院環境情報学研究科

\* Tokyo City University. School of Environmental and Information Studies. \*\* Graduate school of Environmental and Information Studies, Tokyo City University

表-2 8つの容器の構成要素

	タイプ1	タイプ2	タイプ3	タイプ4	タイプ5	タイプ6	タイプ7	タイプ8
水	×	○	×	×	×	○	○	○
土壤	×	×	○	×	○	×	○	○
植物	×	×	×	○	○	○	×	○

○は「あり」を、×は「なし」を表す

温度測定点を、図-1に示す。温度測定は、実験対象容器直下の温度の測定を行った。測定には、温度データロガー（株式会社ティアンドデイ「TR-71U」）を用いた。測定期間は2008年9月2日12時から9月3日11時に容器直下の温度について行った。なお測定は1時間おきに行い、それぞれ計24個のデータを取った。データは温度推移の分析と、平均温度、標準偏差を基に分析を行った。実験地の様子を写真-1に示す。

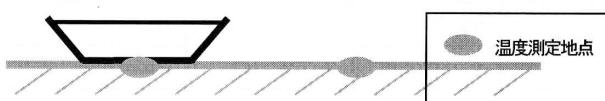


図-1 温度測定点



写真-1 ヒートアイランド緩和効果実験地

## (2) 生物多様性保全効果の検証

本大学横浜キャンパスメディアセンター屋上（地上約9m）に、60kg/m<sup>2</sup>で約10m<sup>2</sup>の「水」「土」「植物」を組み合わせた湿地型のビオトープ・パッケージを造成し、生物多様性保全効果の検証を行った。

本ビオトープ・パッケージは、ポリプロピレン製の茶色の容器(100cm×80cm×H10cm)を用いて施工した。ビオトープ・パッケージ内の水は雨水を利用した。水は屋上の勾配を利用し流れる。下部に貯水槽を設け、そこでポンプによって水を上部に戻し循環する仕組みである。また、循環ポンプを稼働させる電力については、屋上に設置してある太陽光発電を利用した。図-2、3、表-3、写真-2に本ビオトープ・パッケージのシステムを示す。ビオトープ・パッケージの生物多様性保全の効果を検証

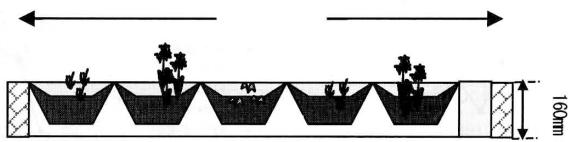


図-2 ビオトープ・パッケージ断面

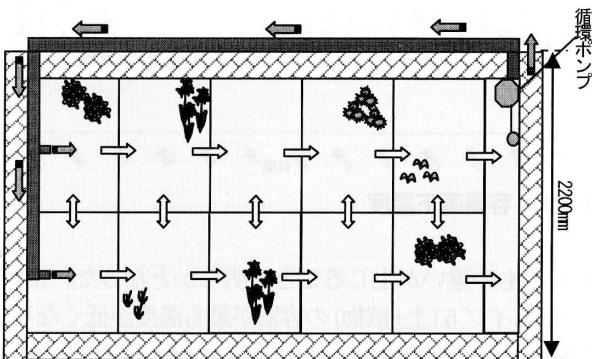


図-3 ビオトープ・パッケージ平面

表-3 図-1、2の凡例

識別	名前	用途	厚さ
斜線	外壁	ビオトープ・パッケージの外枠	160 mm
黒	軽量土壤又は荒木田土壤	湿地造成	40 mm
白	水	湿地の水	20 mm
矢印	循環している水の流れ	水を循環させるため	—
二重矢印	水が行き来できる箇所	水の流れを塞ぎ止めないため	—



写真-2 湿地ビオトープ・パッケージ全景

するため、2008年6月から10月まで週2、3回の計50回、目視観察を行った。

## 3. 研究結果

### (1) ヒートアイランド緩和効果の検証

2008年9月2日12時から9月3日11時までの実験対象容器直下の温度推移を図-4に示す。結果、「水」「土」「植物」を加えたタイプの容器は、タイプ1（容器のみ）とコンクリート面の温度と比べると平均温度で

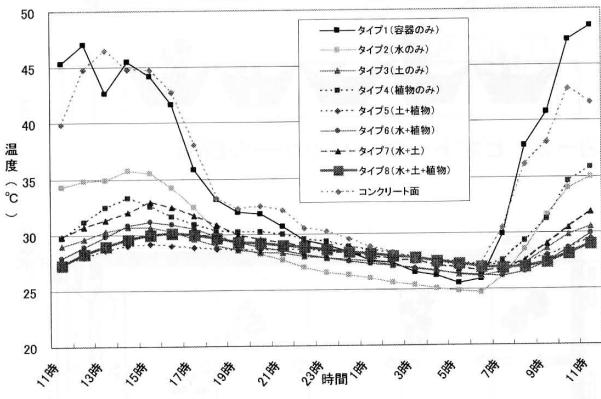


図-4 容器直下温度

5°C以上もの違いが生じることが明らかとなった。また日中はタイプ5(土+植物)の容器が最も温度が低くなり、日没後はタイプ2(水のみ)の容器が最も温度が低くなることが明らかとなった。

平均温度と標準偏差については図-5に示す。結果、タイプ5(土+植物)が28.3°Cを示し、標準偏差は0.6であった。タイプ8(水+土+植物)の平均温度は28.5°Cを示し、標準偏差は1.0であった。以上より、タイプ5(土+植物)とタイプ8(水+土+植物)の結果は、ほぼ同じであり、最も低い温度を示した。平均温度が高いものでは、タイプ1(容器のみ)とコンクリート面であり、34.8°Cと34.9°Cであった。標準偏差もタイプ1(容器のみ)が7.9を示し、コンクリート面が6.7と共に大きな値を示した。

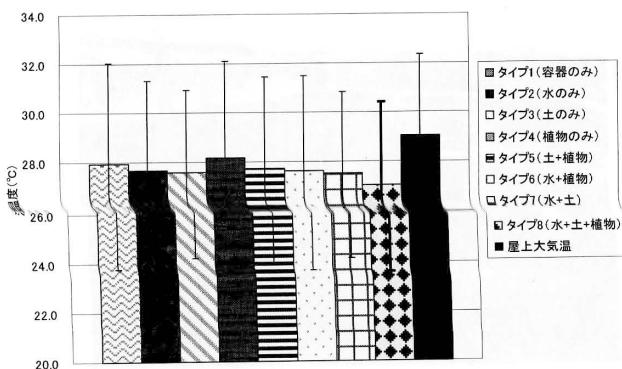


図-5 容器直下の温度平均

## (2) 生物多様性保全効果の検証

野生生物のモニタリング調査では鳥類4種と、昆虫類12種が確認された。

鳥類4種は、いずれの種も市街地でも比較的よく見られる種であり、その中でもハクセキレイとハシボソカラスが特に多く確認された。今回確認された4種はいずれもビオトープ・パッケージを設置した本大学がある神奈川県横浜市都筑区に生息する生物である。表-4に鳥類のモニタリング調査の結果を示す。

表-4 ビオトープ・パッケージで確認された鳥類

目名	科名	和名	学名
スズメ目	アトリ科	カワラヒワ	<i>Carduelis sinica</i>
	カラス科	ハシボソカラス	<i>Corvus corone</i>
	セキレイ科	ハクセキレイ	<i>Motacilla alba</i>
	ハタオリドリ科	スズメ	<i>Passer montanus</i>

表-5 ビオトープ・パッケージで確認された昆虫類

目名	科名	和名	学名
チョウ目	アゲハチョウ科	クロアゲハ	<i>Papilio protenor Demetrias</i>
		キアゲハの幼虫	<i>Papilio machaon</i>
	セセリチョウ科	イチモンジセセリ	<i>Pamirana galatia</i>
トンボ目	トンボ科	アキアカネのヤゴ	<i>Sympetrum frequens</i>
		シオカラトンボ	<i>Orthetrum albistylum</i>
		ショウジョウトンボ	<i>Oreothemis serviana</i>
甲虫目	ヤンマ科	ギンヤンマのヤゴ	<i>Anax parthenope</i>
	ゲンゴロウ科	ハイロゲンゴロウ	<i>Eretes sticticus</i>
	テントウムシ科	キヨロテントウ	<i>Illeis koebeliae</i>
カメムシ目	アメンボ科	ヒメアメンボ	<i>Gemis lacustris</i>
ハエ目	ムシヒキアブ科	シオヤアブ	<i>Orthetrum japonicum</i>
ハチ目	スズメバチ科	オオスズメバチ	<i>Vespa mandarinia</i>

昆虫類12種は、その中でもアキアカネとシオカラトンボが特に多く確認された。ビオトープ・パッケージはトンボ類の産卵場となり、アキアカネ、ギンヤンマのヤゴを観察することができた。またキアゲハの幼虫も確認することができた。オオスズメバチがビオトープ・パッケージ内の水を給水している様子も確認できた。これらの結果から、水辺を利用する昆虫類を多数確認することができた。表-5に昆虫類のモニタリング調査結果を示す。

## 4. 結論と考察

「水」「土」「植物」を組み合わせたビオトープ・パッケージのヒートアイランド緩和効果を検証するため、「水」「土」「植物」の要素をそれぞれ組み合わせ、8つのタイプの容器を設置した。ヒートアイランド緩和効果の検証は容器直下の温度を測定し行った。容器直下温度の測定実験では、タイプ5(土+植物)とタイプ8(水+土+植物)が日中を通して最も低い温度を記録し、平均温度、標準偏差においても最も温度上昇抑制に貢献することが明らかとなった。

ビオトープ・パッケージの生物多様性保全効果の検証では、鳥類4種、昆虫類12種の計16種の利用、生息が確認できた。「水」「土」「植物」を組み合わせた湿地型のビオトープ・パッケージが生物多様性保全に貢献できることが明らかとなった。

以上のことから、「水」「土」「植物」の3つの要素を組み合わせた湿地型のビオトープ・パッケージを造成することで、ヒートアイランド緩和と生物多様性の保全に寄与できることが明らかとなった。

## 5.まとめ

本研究では、9月上旬に1時間おきに計24回の、容器直下の温度を測定することで、「水」「土」「植物」の3つの要素の組み合わせの違いによるヒートアイランド緩和効果について明らかにした。結果、容器直下の温度では、平均温度や標準偏差の値から、タイプ5(土+植物)が最も低い温度を示した。以上から、ヒートアイランド緩和効果は「土」と「植物」を組み合わせたものが最も効果があり、「水」「土」「植物」の3つの要素を組み合わせたものが、次に効果が高いことが明らかとなった。

温度測定について、実験区の水や土の量などの条件に関しては一定になるよう正確に準備を行った。しかし、温度測定の回数が少ないと、実験対象が少ないなど不十分な点があるため、今後、温度測定の回数を増やす、一年を通して複数のデータを取るなど、さらに実験を行い検証していく必要である。

また、生物多様性のモニタリング調査は6月から10月までしか行っておらず、今後は1年を通してモニタリングを行っていく必要がある。

今回、湿地型のビオトープ・パッケージを本大学メディアセンター屋上に設置し、ヒートアイランド緩和と生物多様性保全の効果について検証を行った。これはビオトープ・パッケージの効果の一部であり、今後は人への癒しや、修景保全、大気への水分還元、都市型洪水抑制などの機能についても検証していく必要がある。

## 参考文献

- 1) 高橋英次(2002)屋上緑化を条例で推進 すでに地上は限界の東京都. エネルギーレビュー261(10), 10-13.
- 2) 田中章, 佐藤正輝, 酒井浩平, 青柳亭, 赤松宏典, 跡部剛(2007)屋上緑化におけるビオトープパッケージに関する研究. 造園技術報告集2007, p40-43.
- 3) 田中章(2009)「生物多様性オフセット」としての小規模分散型「ビオトープパッケージ」新しい湿地型屋上緑化方式による都市の環境改善効果について. 東邦レオ株、「クールパレットシステム」プレスリリース, 「クールパレットシステム」補足資料, p2.

名 称：ビオトープ・パッケージ  
所在地：武藏工業大学（現：東京都市大学）環境情報学部横浜キャンパス情報メディアセンター屋上  
設計・施工：武藏工業大学（現東京都市大学）環境情報学部田中 章（ランドスケープ・エコシステムズ）研究室  
規 模：9.9 m<sup>2</sup>×4基  
施工期間：平成20年5月