

造園技術報告集

2007



JILA

TECHNICAL
REPORTS OF
LANDSCAPE
ARCHITECTURE

NO.4

社団法人 日本造園学会
Japanese Institute of Landscape Architecture

屋上緑化におけるビオトープパッケージに関する研究

Study on "Biotope-package" as Ecological Roof Vegetation

田中 章* 佐藤 正輝* 酒井 浩平* 青柳 亨** 赤松 宏典***
跡部 剛****

Akira TANAKA* Masahi SATO* Kohei SAKAI* Toru AOYAGI** Hironori AKAMATSU***
Tsuayoshi ATOBE****

1. はじめに

都市域における限られた緑化空間として屋上緑化が注目されている。しかし現在の屋上緑化は、野生生物のハビタット機能を考慮していないという生態学的な課題と、積載荷重の制限が厳しく、また大掛かりな施工を必要とするという工学的な課題を抱えている。こうした課題の解決策の1つとして、ビオトープパッケージを提案した。

本報告では、平成16、17年度に横浜市都筑区の武蔵工業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にて製作したビオトープパッケージの事例を基に、ビオトープパッケージの基本理念や製作方法、設置することで得られた野生生物のハビタット機能等について紹介した。

2. ビオトープパッケージの基本理念

ビオトープパッケージは武蔵工業大学環境情報学部ランドスケープ・エコシステムズ研究室が提唱している、屋上やベランダ用の緑化モジュールであり、小規模ながらもその中に水循環システムや、そのための自然エネルギーシステムがパッケージされているものである。また、都市のビルや家屋の屋上に設置することで野生生物のハビタットのネットワークを形成し、総体として都市で失われてきた野生生物のハビタット機能を代償するものである。

表-1 ビオトープパッケージの基本理念

時間	累積的な開発に伴う自然消失に対して、広義の代償ミティゲーションとして損失補償を行うもの。
空間	計画時に周辺地域の自然環境を調査し、それらを可能な限り多様性を持たせた形で配置するもの。 単体としては小規模であるが、数多く設置することでネットワークを形成し、総体として消失した緑地を代償するもの。
質	ビオトープの多様性を維持するために必要なエネルギーとして自然エネルギーを用い、水の供給や循環を管理するもの。 例：夏季の日照り等の自然要因によって蒸発する水を補うため、水の供給システムを自然エネルギーシステムによって稼働させる。

3. ビオトープパッケージの施工手順

ビオトープパッケージは、武蔵工業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において3基製作した(1基あたり8㎡)(写真-1)。地上からの高さは約4.8mである。対象地は、横浜市の港北ニュータウ

ンにあり、緑道を軸として民有の緑と公共の緑、並びに水辺を結合させたグリーンマトリックスシステムの中に位置している。グリーンマトリックスの植生は、シラカシやコナラの二次林と、多様な園芸植物による緑道や公園から構成されている。グリーンマトリックス内には、平地の里山にみられる野生動物種が生息する。



写真-1 ビオトープパッケージの全景

施工手順であるが、まず、耐根フィルム、保護マットを敷き、その上に鉄枠を組み立てた。耐根フィルムは屋上表面を植物の根と鉄枠の重量から保護し、保護マットは屋上表面の保護に加え、断熱の役割を持つ。次に外部気温の変化による影響を軽減するために、断熱効果のある発泡スチロールを内壁に設置し、防水シート、耐根フィルムを桶状に敷いた。さらに薄層貯排水ボードを敷くことで、必要な水は貯留し、余剰水は溝部から排水するようにした。土が漏れ出さないように、排水層の上には透水フィルターを敷いた。各種シート設置後の様子を写真-2に示す。

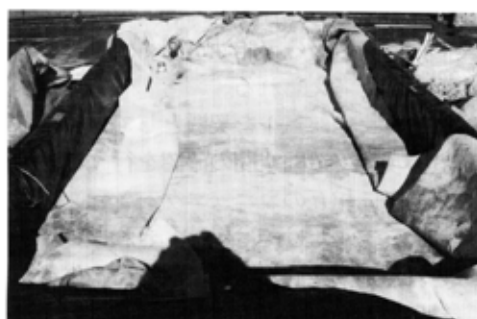


写真-2 シート設置後の様子

*武蔵工業大学環境情報学部

**武蔵工業大学環境情報学部(現 株式会社石勝エクステリア)

***武蔵工業大学環境情報学部(現 アジア航測株式会社)

****日本コムシス株式会社

* Musashi Institute of Technology, School of Environmental and Information Studies

** Ishikatsu Exterior Co., Ltd. *** Asia Air Survey

Co., Ltd. **** Nippon Comsys Co., Ltd.

次に、黒土と黒曜石パーライトを7:3の割合で混合した土壌を設置した(写真-3)。池部分には防水のために荒木田土を使用し、上から粒子の細かい焼き物用粘土を振りかけ、防水機能を更に高める工夫を施した。



写真-3 土壌設置後の様子

そして外壁を竹垣で囲い、植物を植栽し、池部分に水を流した(写真-4)。本ピオトープパッケージでは、対象地の地下にある雨水貯留層の雨水を使用した。雨水は地上にある蛇口からホースを使用して屋上までひいた。フロートを使用して、池部分の水位が下がったときに自動的に雨水を供給する仕組みを製作した。



写真-4 ピオトープパッケージ施工完了後の様子

4. ピオトープパッケージの構成

(1) ピオトープ部分の構成要素

限られた空間に、多くの野生生物が息息可能な環境を創出するため、陸地、池、せせらぎ等を配置し、環境の多様性を持たせた。また後述するように、誘致する野生生物の目標種を選定し、それらの生物が利用する樹種の植栽を行った。植栽した樹種は、全て枯れることなく活着している。池部分には、水生動物を導入した。

表-2 植栽植物種

種名	学名	植栽時の樹高	植栽時の枝長	備考
エノキ	<i>Celtis sinensis</i>	95cm	31cm	誘致目標種であるチョウ類の幼虫が葉を食べる。
ナンテン	<i>Nandina domestica</i>	48cm	29cm	誘致目標種である鳥類が実を食べる。
ハンノキ	<i>Alnus japonica</i>	108cm	25cm	湿地に生育する。
ムラサキシキブ	<i>Callieris japonica</i>	45cm	41cm	誘致目標種である鳥類が実を食べる。
マコモ	<i>Zizania latifolia</i>	-	-	誘致目標種であるトンボ類が餌とする。
アサザ	<i>Nymphoides peltata</i>	-	-	夏場の水温の向上を防ぐ。

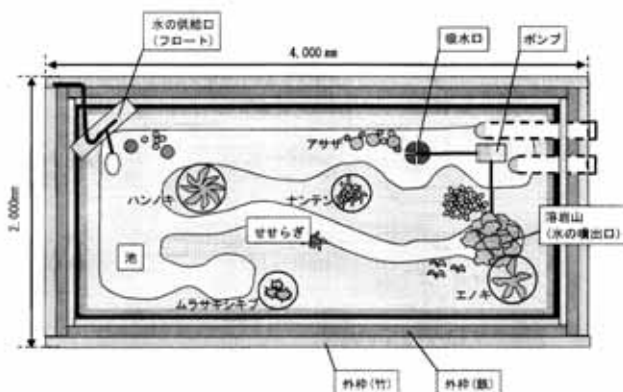


図-1 ピオトープパッケージ平面図

表-3 導入した水生動物

和名	学名	備考
クロメダカ	<i>Chrysemys latipes</i>	ボウフラを餌とする。
シマヨシノボリ	<i>Ishiyosobas sp.</i>	トンボ類のヤゴの餌とする。
ヌカエビ	<i>Paratya improvisa</i>	池やせせらぎで発生する藻を餌とする。

表-4 ピオトープ部分の主な構成要素

構成要素	目的
溶岩山(水の噴出口)	せせらぎの始まり部分に溶岩山を設置する。水の噴出口をシャワー状にし、多孔質の溶岩に当てることで水質浄化を図る。
水循環	太陽光発電で稼働しているポンプを使用し、溶岩山から池に流れる水を常に循環させ、水温の安定や溶存酸素量の増加を図る。
荒木田土	水辺部分の土手に荒木田土を使用し、自然性を高める。かつ水辺と陸地が接する面積を大きくすることで多様な環境を創出する。
黒土	陸地部分に黒土を使用し、埋土種子から草本類の発芽を図る。トカゲ類、コオロギ類、クモ類等のハビタットを創出する。
せせらぎ	多様な環境の創出と、溶存酸素量の増加を図る。また流れが出来ることで水面が日光を反射する。その光に鳥類が気づいて飛来する。
堆肥槽	微生物による草や枯葉の分解を図る。またミミズ、オカダンゴムシ、オサムシ類等の小動物のハビタットを創出する。
池及び湿地	鳥類が夏場などに水を飲むようにする。
水浴し場	鳥類が水浴び、水飲みなどの行動が出来るようにし、誘致を図る。
止まり木	鳥類が羽を休めるようにする。
水生植物	トンボ類が水面で産卵し、幼虫が成虫に羽化する際の「上り棒」の役割を果たす。また、魚類等の隠れ家ともなる。
泥底	エゾトンボ科、トンボ科、サナエトンボ科、オニヤンマ科のヤゴ、ドジョウ等がハビタットを創出する。

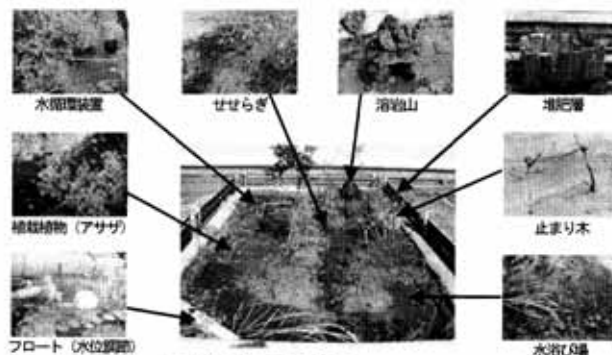


図-2 ピオトープ部分の主な構成要素

(2) 自然エネルギーシステム

ピオトープパッケージの水辺部分の溶存酸素量を高めるために、太陽光発電システムでポンプを動かす、常により水が循環するようにした。発電した電力はモニタリングカメラにも利用した。太陽光発電による電力が不足した場合は、エコスイッチにより自動的に商用電源に切り替えられるため、電力機能を失うことなく常に電力を供給することを可能とした(図-3、表-4)。

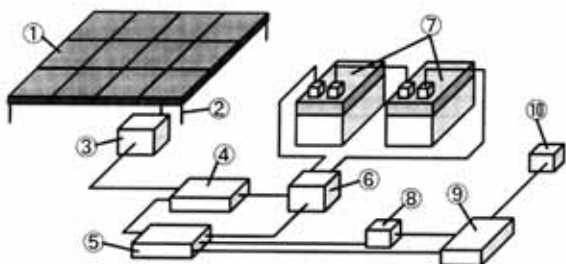


図-3 太陽光発電システム

表-5 太陽光発電システムの資材

番号	資材	用途
①	太陽光パネル	太陽光をエネルギーとして取り入れる。
②	架台	太陽光パネルを固定する。
③	接続箱	配線をつぎにまとめる。
④	チャージコントローラー	大量の電力を一時制御する。
⑤	インバーター	直流電源を交流に変換する。
⑥	制御ユニット	バッテリーの充放電を制御する。
⑦	バッテリー	発電した電力を蓄える。
⑧	商用電源	バッテリー不足時に電力供給をする。
⑨	エコスイッチ	バッテリー不足時に商用電源に切り換える。
⑩	循環用ポンプ	池の水を循環させる。

(3) ビオトープパッケージの維持管理方法

本報告では、施工・観察に加え、ビオトープパッケージの維持管理作業も行った。創出した環境を継続的に維持するためである。除草、池の管理、灌水、木本の剪定、消耗品の交換等を行った。また比較実験として、3基のビオトープパッケージをそれぞれ以下のように管理した。維持管理の違いが、植生や野生生物に対してどのように影響するのか調べた。

表-6 ビオトープパッケージの維持管理方法

タイプ	A	B	C
水循環	あり	なし	あり
灌水	季節、状況に応じて3基とも同様に灌水する		
除草 (陸地)	選択的に除草する	陸地の半分を選択的に除草し、もう一方は除草しない	除去作業は行わない
除草 (池部分)	藻、浮遊植物などの除去作業を行う	除去作業は行わない	除去作業は行わない

5. ビオトープパッケージのハビタット機能

(1) 誘致目標種の選定

本ビオトープパッケージでは誘致目標種を定め、それらの種のハビタット創出を目指した。誘致目標種とは、周辺の都市生態系が健全であるかどうかを判断する指標となる種である。誘致目標種は以下の3項目を全て満たす鳥類・昆虫類の中から選出した。

- ①横浜市都筑区に生息している種²³⁾
- ②屋上に設置したビオトープパッケージまで移動可能な種
- ③ビオトープパッケージを生息地の一部として利用する可能性のある種

これらの条件から、鳥類の誘致目標種として5種を選定した(表-7)。また、昆虫類の誘致目標種として13種を選定した(表-8)。昆虫類については実際に屋上に訪れる可能性があるかを考慮して、既存の屋上緑化に飛来した実績がある種を選定した。

表-7 誘致目標種 (鳥類)

科名	和名	学名
セキレイ科	ハウセキレイ	<i>Motacilla alba</i>
ヒヨドリ科	ヒヨドリ	<i>Hyphantornis amurensis</i>
ウグイス科	ウグイス	<i>Cettia dipone</i>
シジュウカラ科	シジュウカラ	<i>Parus major</i>
メジロ科	メジロ	<i>Zosterops japonica</i>

表-8 誘致目標種 (昆虫類)

科名	和名	学名
アオイトトンボ科	アオイトトンボ	<i>Lestes sponsa</i>
イトトンボ科	アジイトトンボ	<i>Ischnura asiatica</i>
ヤンマ科	キンヤンマ	<i>Anax parthenope pulvis</i>
トンボ科	アキアカネ	<i>Symphetrum frequens</i>
	ウスバキトンボ	<i>Pantodon flavescens</i>
	ハラビロトンボ	<i>Lyrithemis pachygastera</i>
キリギリス科	キリギリス	<i>Gampsocleis buergeri</i>
	セスジツユムシ	<i>Ducetia japonica</i>
アゲハチョウ科	アオスジアゲハ	<i>Graphium sarpedon</i>
	クロアゲハ	<i>Papilio protenor</i>
タテハチョウ科	ゴマダラチョウ	<i>Hestina japonica</i>
シジミチョウ科	ベニシジミ	<i>Lycena phlaeas</i>
セセリチョウ科	イチモンジセセリ	<i>Parnara gutata</i>

(2) モニタリング方法

選定した誘致目標種が飛来しているか、モニタリングカメラ、フィールドスコープ、直接観察により観察した。モニタリングカメラはビオトープパッケージの南側に設置し、毎日4時30分~18時30分に毎分2枚の間隔で画像を記録した。フィールドスコープによる鳥類調査は月2回、鳥類の活動が活発な朝に開始し、3~6時間行った。また昆虫類は、目視による直接観察を行った。観察期間はいずれも、ビオトープパッケージの施工が完了した2005年10月から、2006年1月までの4ヶ月間とした。

(3) モニタリング結果

鳥類のモニタリングで確認された種は5種であった(表-9)。誘致目標種5種のうち、ハウセキレイの飛来が確認された。この他には、スズメ、カワラヒワ、ジョウビタキといった、市街地でも比較的良好に見られる種が確認された。飛来した鳥類の多くはビオトープパッケージを「水飲み場、水浴び場」として利用することがわかった。また、ムラサキシキブの実を食べた痕跡が3基全てに見られた。

昆虫類のモニタリングで確認された種は18種であった(表-10)。誘致目標種13種のうち、ベニシジミとアキアカネの2種が確認された。この他、ツユムシ、クルマバタモドキなどが確認された。この2種と生息条件が類似するセスジツユムシやキリギリスも今後飛来する可能性が高いと考えられる。キリギリスは神奈川県レッドデータブックで減少種Hのカテゴリーに分類されているが、グリーンマトリックスシステムによって豊かな緑地が残されているため、飛来する可能性は十分にあると考えられる。

また、ビオトープパッケージはトンボ類の産卵場となっており、ヤゴの生息を確認することが出来た。

ビオトープパッケージにはイネ科、カヤツリグサ科等の植物が茂り、タイプCのビオトープパッケージでは草地を好むツユムシや、水辺の草地を好むドヨウオニグモが観察された。これらの結果から、同じ陸地でも草の背丈や密度の違う様々なタイプの空間を創出することで、多種多様な野生生物を誘致できるということが分かった。

今回のモニタリングでは誘致目標種を含む多くの種が観察された。都市におけるビオトープパッケージが多様な野生生物種のハビタットとして機能していることが明らかになった。

表-9 ビオトープパッケージに飛来した鳥類

科名	和名	学名
セキレイ科	ハウセキレイ※	<i>Motacilla alba</i>
ツグミ科	ジョウビタキ	<i>Phoenicurus phoenicurus</i>
アトリ科	カワラヒワ	<i>Corvus sinica</i>
ハタオリドリ科	スズメ	<i>Passer montanus</i>
カラス科	ハシボソガラス	<i>Corvus corone</i>

※：誘致目標種

表-10 ビオトープパッケージを利用した昆虫類

科名	和名	学名
コガネグモ科	ドヨウオニグモ	<i>Neoscina adarita</i>
トンボ科	アキアカネ※	<i>Sympetrum frequens</i>
	シオカラトンボ	<i>Orthetrum albionitum</i>
カマキリ科	ハラビロカマキリ	<i>Hierodula patellifera</i>
キリギリス科	ツグムシ	<i>Phaneroptera falcata</i>
	ヤブキリ	<i>Tettigonia orientalis</i>
バッタ科	クルマバッタモドキ	<i>Oedipoda miniata</i>
シジミチョウ科	ベニシジミ※	<i>Lycena phlaeas</i>
	ヤマトシジミ	<i>Corbicula japonica</i>
セセリチョウ科	チャバネセセリ(幼虫)	<i>Polyommatus mathias</i>
スズメガ科	セシジメ(幼虫)	<i>Theretra coidenlandiae</i>
ヤガ科	ナシケンモン(幼虫)	<i>Vimana ramicis</i>
ムシヒキアブ科	シオヤアブ	<i>Orthetrum japonicum</i>
コガネムシ科	カナブン	<i>Rhombocoryna japonica</i>
ゴミムシタマシ科	キマワリ	<i>Plesioptera nigrocyaneus</i>
テントウムシ科	ナナホシテントウ	<i>Coccinella septempunctata</i>
	ナミテントウ	<i>Harmosia caryidis</i>
カミキリムシ科	ベニカミキリ	<i>Purpuricenus temnickii</i>

※：誘致目標種

6. ヒートアイランド現象の緩和機能

ビオトープパッケージを設置することによる、ヒートアイランド現象の緩和機能を検証した。ビオトープパッケージ直下のコンクリート面とむき出しになったコンクリート面の温度を、2005年9月に測定、比較した。測定をこの時期に行ったのは、残暑の厳しいなか、ビオトープパッケージを設置することで、コンクリート面の温度上昇をどれだけ防ぐことができるか検証するためである。測定は、各測定場所に取り付けた温度計を読み取って行った。

調査は2005年9月12、13、14、19日の計4回行い、4日間の中で最高気温が一番高かった9月13日のデータを図-4に示した。

日方向のコンクリート面は13時にピークになり、47.8℃であった。同じ時間帯のビオトープパッケージ直下のコンクリート面の温度は28℃で、約20℃の温度差があり、室内温度やヒートアイランド現象の緩和が期待できることが推察された。

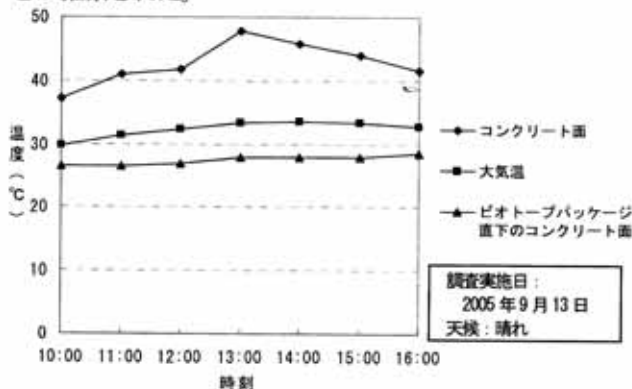


図-4 コンクリート面・大気温の温度比較

7. ビオトープパッケージの雨水貯留機能

緑地の減少した都市域において問題となっている都市型洪水を防ぐために、ビオトープパッケージの雨水貯留機能を計測した。さらに、セダムや芝生等に代表される平面的緑化や、灌木・喬木を植栽する立体的緑化の雨水貯留機能との比較を行った。

土壌厚は各緑化方法における一般的な値を用いた(平面的緑化:12cm、立体的緑化:30cm)。本ビオトープパッケージの土壌厚は25cmとし、雨水貯留量の計算を行った。その結果を図-5に示す。

平面的緑化が200kl/ha、ビオトープパッケージが300kl/ha、立体的緑化が600kl/haの雨水貯留量を持つことがわかった。

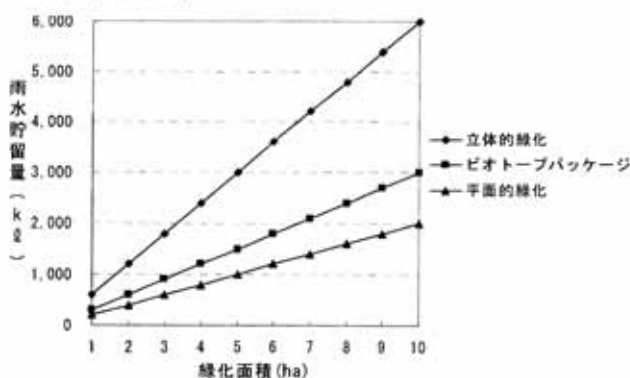


図-5 屋上緑化工法の雨水貯留量比較

8. おわりに

今回の報告では、施工完了が9月下旬であったため、10月から翌年1月までの4ヶ月分のモニタリング結果しか得られなかった。引き続きモニタリングを継続し、維持管理にフィードバックしていく必要がある。

本ビオトープパッケージの1基(8 m²)当たりの金額は約40万円(材料費のみ)で、重さは約2,850kg (355kg/m²)である。

今回はキャンパスの建物を対象地としたため、積載荷重制限に十分な余裕があり、本ビオトープパッケージを設置することができた。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製作が求められる。そのためには金額・重さ・大きさの改善、簡易な導入システムの構築をしていく必要がある。

参考文献

- 1) 田中章 (2004) “都市の自然を蘇らせるビオトープパッケージ.” 月刊不動産流通8 (267), p.8~9.
- 2) 日本野鳥の会神奈川支部(2002) “20世紀神奈川の鳥・神奈川県鳥類目録IV.” 340pp.
- 3) 横浜市公害対策局環境管理室(1991) “横浜市緑地の生物相・生態系調査報告書.” 横浜市公害対策局環境管理室, 455pp.

名称：ビオトープパッケージ

所在地：武蔵工業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：武蔵工業大学環境情報学部ランドスケープ・エコシステムズ研究室

事業者：武蔵工業大学・日本コムシス株式会社

施工期間：2004年10月~2005年9月