

都市域における生物多様性に配慮した緑化に関する研究
- ビオトープ・パッケージの開発と造成とその評価を通して -
Study of Greening Consider Biodiversity in the Urban Area
- Through Development, Construct and Evaluate of the Biotope Package -

藤瀬 弘昭
FUJISE, Hiroaki

概要：都市域における生物多様性に配慮した緑化の理念を探るため、生物多様性に配慮した新たな都市緑化手法であるビオトープ・パッケージの開発と造成とその評価を行った。2011年1月まで緑化条例等について文献調査を行い、狭隘な都市空間の緑化の現状と課題を明らかにした。次に2004年から2009年に行われたビオトープ・パッケージのプロトタイプ造成の研究を整理し、ビオトープ・パッケージの計画、施工、維持管理の手順についてまとめた。またビオトープ・パッケージの実用化としてクールパレットシステムを開発した。これに改良を加え、2009年9月より東京都市大学横浜キャンパス中庭にビオトープ・パッケージ造成を行った。効果について検証した結果、生物多様性保全、ヒートアイランド緩和効果が明らかとなった。以上のことから、都市域における生物多様性に配慮した緑化としてビオトープ・パッケージの理念を提言した。

Summary: In urban area, to understand greening consider biodiversity in order to new urban greening biotope package develop, construct and evaluate biotope package which new urban greening. Situations and issues of a little urban space greening was made clear by document investigation to January 2011. I assemble study of biotope package construct put in from 2004 to 2009. And put together planning construction and maintenance of biotope package. Also development cool palette system utilize biotope package. Biotope package was construct in Tokyo city university from September 2009. As a result, it is clear that biodiversity conservation and heat island relaxation effect. As stated above, suggestion that biotope package greening consider biodiversity.

キーワード: 緑化・都市域・ビオトープ・パッケージ・生物多様性・ヒートアイランド・ランドスケープ

Keywords: Greening, Urban Area, Biotope, Package, Biodiversity, Heat Island, Landscape

1. 背景と目的 日本では、戦後の高度成長期の都市への人口集中とそれに伴う市街地の急速かつ無秩序な拡大により、都市及びその近郊の緑地は大きく減少した(都市緑化技術開発機構, 2006)。その結果、都市及び周辺域においては生物多様性の損失、ヒートアイランド現象、乾燥化、都市型洪水などの深刻な環境問題が顕在化している。そこで、これらの問題の解決策として屋上緑化や壁面緑化が着目されている。

東京都では2001年に「東京における自然の保護と回復に関する条例」より、敷地面積1000㎡以上の民間施設及び250㎡以上の公共施設を対象に、2割以上の地上部の緑化、人の出入りおよび利用可能な屋上面積の2割以上の緑化を義務付けるなど、屋上緑化などの普及が図られている。

田中(2004)は都市において現実的に使える一つ一つのスペースはとても小さいため、そこで屋上や壁面、戸建住宅の庭や集合住宅のベランダなど小規模なところから自然の創造を始めることが必要であると述べており、

都市の自然再生の方法として「ビオトープ・パッケージ」を提唱している。

生物多様性に配慮した狭隘な屋上などの都市空間の緑化に対する研究では、小木曾ら(2003)、橋ら(2004)による屋上ビオトープ造成や、林ら(2004)による小型ビオトープ造成などが見られる。これらの事例では、造成方法が複雑、自由な配置で設置することが困難であると考えられる。

そこで本研究では、狭隘な都市空間の緑化の現状と課題を明らかにするとともに、極めて簡易的な方法で複雑な生物多様性を有する緑のせせらぎ空間を、狭隘な都市空間である屋上やベランダなどに自由な配置で設置することのできるビオトープ・パッケージの開発、造成、評価を通して、狭隘な都市空間における生物多様性に配慮した新たな緑化について提言することを目的とする。

2. 研究フロー 本研究の流れを以下に示す(図1)。

この研究の一部は、「日本造園学会の2008年度全国大会においてポスター発表」、「日本造園学会の2011年度技術報告集において論文掲載予定」、「日本緑化工学会の2009年度全国大会の研究発表会にて発表」、「日本緑化工学会の2010年度全国大会の研究発表会にて発表」、「環境アセスメント学会の2010年度全国大会においてポスター発表」した。

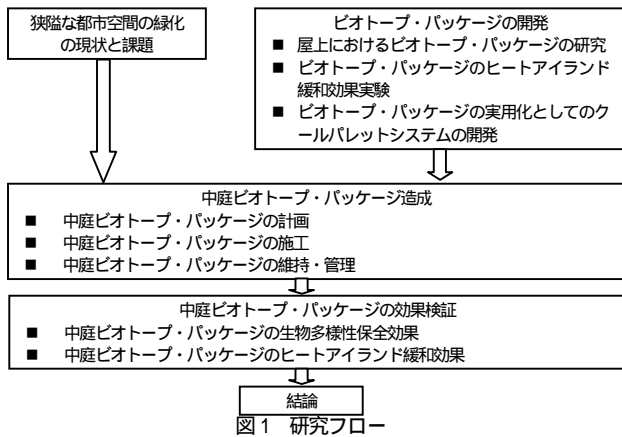


図1 研究フロー

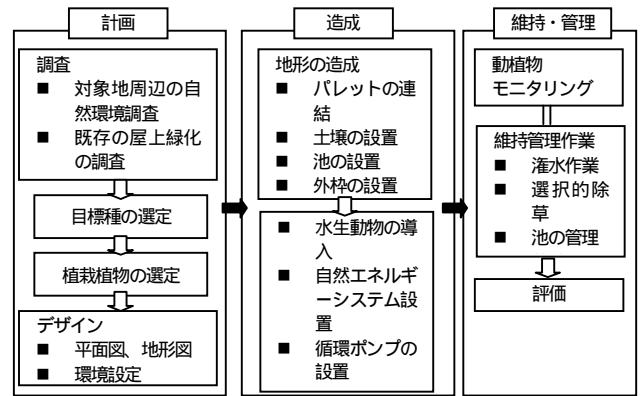


図2 ビオトープ・パッケージの計画、施工、維持・管理手順

3. 研究結果

3-1. 狭隘な都市空間の緑化の現状と課題の調査

橘ら(2002)によると、屋上緑化方法を分類した際、平面的緑化、立体的緑化、ビオトープ緑化の3種類に分類できるとしている。その中でビオトープ緑化(草本類と木本類に小川、池、エコトーンなどの水辺環境を付与したもの)は生物多様性の保全・復元、癒しの効果の抑制が他の2種類に比べ効果が高いとしている。しかし課題として、上積荷重が大きくなること、建設費および維持管理費が高くなることなどが挙げられている。

屋上や壁面緑化の施工実績が全国でも多い東京都と東京23区の緑化条例等の制度について調査した結果、200㎡以上の敷地において建築行為を行う場合に緑化が必要ななどの制度が明らかとなった。またその際の緑化指導についてウェブサイト調査を行ったところ、緑化方法として樹木、芝、草花等で緑化すること、という記載があった。

3-2. ビオトープ・パッケージの開発

3-2-1. 屋上におけるビオトープ・パッケージの研究 2004年から2008年において東京都市大学横浜キャンパスメディアセンター屋上(地上約9m)において、ビオトープ・パッケージのプロトタイプが計3回設置され、造成を通して計画、施工、維持管理の手順について研究が行われた。以下にビオトープ・パッケージの計画、施工、維持・管理方法についてまとめた(図2)。

3-2-2. ビオトープ・パッケージの実用化としてのクールパレットシステムの開発 2004年度のビオトープ・パッケージのプロトタイプ制作では、中身の構造が複雑な層状(耐根フィルム、防水シートなど)の構造となっているため、この部分を簡略化することで、施工が簡易になるだろうと示唆された。これを受け、2009年度に狭小な場所でも簡易的に湿地型の屋上緑化を可能とするクールパレットシステムを開発した。クールパレットシステムはビオトープ・パッケージの概念を有したものである。2004年度のビオトープ・パッケージプロトタイプとクールパレットシステムの関係を示す(表1、図3、図4)。

表1 研究成果とクールパレットシステムの関係

項目	研究内容	クールパレットシステム
簡易的 施工	ビオトープ・パッケージの構造は複雑な層状(防水シートや耐根フィルムなど)になっているが、これらを簡略化出来れば政策の労力が減る。	クールパレット1枚で従来の工法である防水シートや耐根フィルムなどの役割を担うことが可能。
生物の 生息空間の 確保	多様な環境を創出する。水を循環させることにより冬場に菓面の凍結を防ぐことができた。土壌を5cm厚において植物の生育が可能であった。	凹凸があるため、畦部、流水部、湿地部を同時に創出することが可能。勾配と循環ポンプを利用することで、水の循環を可能とする。
ヒート アイランド 緩和	ビオトープ・パッケージの構成要素である「水」と「土」と「植物」の3つを組み合わせることが、最もヒートアイランド緩和に有効である。	容器が軽量であるため、「水」と「土」と「植物」の3つの構成要素を用いても屋上における積載荷重をクリアでき、湿地や水辺などを創出することが可能である。
断熱効果	ビオトープ・パッケージの構成要素である「水」と「土」と「植物」の3つを組み合わせることが、最も断熱効果に有効である。	容器が軽量であるため、「水」と「土」と「植物」の3つの構成要素を用いても屋上における積載荷重をクリアでき、湿地や水辺などを創出することが可能である。

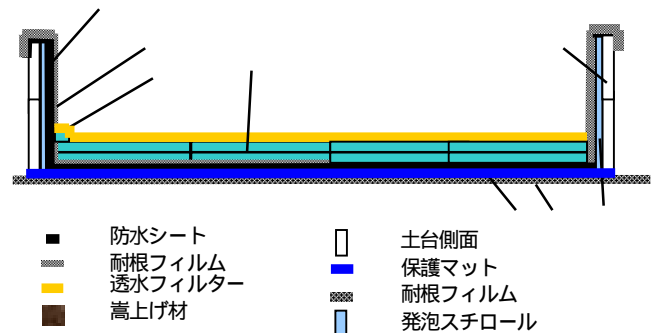


図3 2004年度プロトタイプ構造

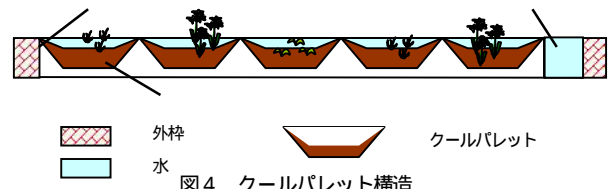


図4 クールパレット構造

3-3. 中庭ビオトープ・パッケージ造成

3-3-1. 中庭ビオトープ・パッケージの計画 図2のビオトープ・パッケージ計画の手順に従って、2009年9月から2010年2月に中庭ビオトープ・パッケージの計画を行った。ビオトープ・パッケージ設置場所はレンガ敷きであり、両側は3階建てと7階建ての建築物に挟まれている。ビオトープ・パッケージは、2,752mm x 36,555mmの縦長の形となっている。西側から東側にか

け、1%の勾配があり、勾配を利用し、ピオトープ・パッケージ内の水が上流から下流へ流れる仕組みとなっている。ピオトープ・パッケージは水を動かすことで循環した自然環境を創造するため、下流部にはポンプを設置し、流れてきた水を再び上流へ引き上げる仕組みとなっている。このポンプを動かすエネルギーはピオトープ・パッケージ側に設置している太陽光発電によって賄われている。ピオトープ・パッケージの水は、大学地下にある雨水貯留タンクの水を利用している。ピオトープ・パッケージ造成により、学生の移動の妨げとならないよう1m幅の橋を2箇所設置した。橋は自然性を出すため木材を利用している。土留めは対象地がレンガ敷きであり、その空間にピオトープ・パッケージが溶け込むよう、同じレンガを用いた。

3-3-2. 中庭ピオトープ・パッケージの施工 中庭ピオトープ・パッケージ施工を2010年3月から5月に行った。施工前の対象地を以下に示す(図6)。まず下流部に池となるステンレス製の容器(2,500mm×2,700mm)を2つ結合した。その後、共同開発を行ったクールパレットシステム(図7)の容器を横に3枚、縦に約30枚繋ぎ合わせ形を造成した(図8、9)。表面に砂利を貼り(図10)土留めを設置、太陽光発電システム、循環ポンプシステムを設置し基盤は完成した(図11)。その後、システムの水漏れがあり土壌搬入や植栽は5月に行った。

3-3-3. 中庭ピオトープ・パッケージの維持管理 出現した藻類に関しては富栄養化を避けるため除去をした。また、景観向上のため、枯れた植物については剪定及び除去することとした。2010年5月から12月の期間に行った動物のモニタリング調査の結果、鳥類7種、昆虫類12種、両性類1種を確認することができた。夏期は、ピオトープ・パッケージ内の水温上昇を防ぐため、スイレンやヒルムシロといった浮葉植物を入れ、直接日光が水面に当たらないようにした。



図5 ピオトープ・パッケージ全景



図6 対象地



図7 クールパレット



図8 パネルの接着



図10 砂利の接着



図9 パネル連結完了



図11 システム完成

3-4. ピオトープ・パッケージの効果検証

3-4-1. ピオトープ・パッケージの生物多様性保全効果

ピオトープ・パッケージにおける動植物のモニタリングを2010年5月から12月に目視及び、見つけ捕り法により行った結果、導入生物も含め植物30種、魚類5種、貝類6種、エビ類3種、昆虫類12種、鳥類7種、両性類1種を確認することができた(表2、3)。対象地は元々レンガ敷きの空間であり、そこに湿地型のピオトープ・パッケージを造成したことにより、湿地をハビタットとするトンボ類やカエル類を確認することができた。以上から、ピオトープ・パッケージが生物多様性保全の効果に寄与していることが明らかとなった。

3-4-2. ピオトープ・パッケージのヒートアイランド緩和効果 2010年9月22日12時にピオトープ・パッケージ表面と周辺の表面温度に対してサーモカメラを用いて比較した(図12)。結果、ピオトープ・パッケージ内の水辺が29.2℃、外枠や周辺のレンガ表面が30℃近い温度を示した。ピオトープ・パッケージは本来、既存の緑地と緑地を結ぶため、数多く設置しネットワークを形成することで、生態系の復元・創造をするものであり、総体的にみるとヒートアイランド緩和に寄与することが明らかとなった。

4. 結論 都市緑化に対する条例等の制度について調査を行ったところ、大規模な開発を行う際には緑化の義務等がなされているが、小規模な開発に対してはないことがわかった。また行政による緑化指導について調査したところ樹木、芝、草花で緑化すべきという記載が多いことが明らかとなった。

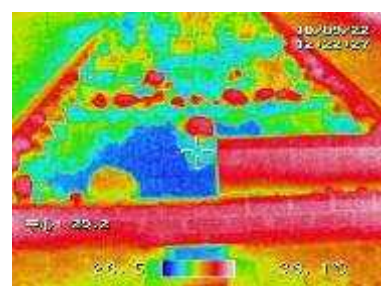


図12 ピオトープ・パッケージ表面温度

表2 ピオトープ・パッケージ内の植物

科名	和名	学名
ドクダミ科	ハンゲショウ	<i>Saururus chinensis</i>
スイレン科	スイレン	<i>Nymphaea colorata</i>
	ハス	<i>Nelumbo nucifera</i>
マツモ科	マツモ	<i>Ceratophyllum demersum</i>
オモダカ科	オモダカ	<i>Sagittaria trifolia</i>
	クワイ	<i>Sagittaria trifolia var. edulis</i>
トチカガミ科	クロモ	<i>Hydrilla verticillat</i>
ヒルムシロ科	ヒルムシロ	<i>Potamogeton distinctus</i>
ミズニラ科	ミズニラ	<i>Isoetes japonica</i>
アヤメ科	カキツバタ	<i>Iris laevigata</i>
	ノハナショウブ	<i>Iris ensata var. spontanea</i>
ミズアオイ科	コナギ	<i>Monochoria vaginalis</i>
イグサ科	イ	<i>Juncus effusus</i>
ツユクサ科	イボクサ	<i>Murdannia keisak</i>
イネ科	イネ	<i>Oryza sativa</i>
ウキクサ科	ウキクサ	<i>Spirodela polyrhiza</i>
ガマ科	コガマ	<i>Typha orientalis</i>
カヤツリグサ科	タマガヤツリ	<i>Cyperus difformis</i>
	ヒメホタルイ	<i>Scirpus lineolatus Fr. Et Sav.</i>
	シュロガヤツリ	<i>Cyperus alternifolius L.</i>
	サンカクイ	<i>Schoenoplectus triquetar</i>
	マツハイ	<i>Eleocharis acicularis var. longiseta</i>
ラン科	トキシソウ	<i>Pogonia japonica</i>
	サギソウ	<i>Habenaria radiata</i>
ミソハギ科	ミソハギ	<i>Lythrum anceps</i>
ゼリ科	ゼリ	<i>Oenothera javanica</i>
ゴマノハグサ科	アゼナ	<i>Lindernia procumbens</i>
ミツガシワ科	アサザ	<i>Potamogeton distinctus</i>
タヌキモ科	イトタヌキモ	<i>Utricularia exoleta</i>
キキョウ科	サワギキョウ	<i>Lobelia sessilifolia</i>

表3 動物モニタリング調査結果

科名	和名	学名
カモ科	カルガモ	<i>Anas poecilorhyncha</i>
ハト科	キジバト	<i>Streptopelia orientalis</i>
セキレイ科	ハクセキレイ	<i>Motacilla alba</i>
ヒヨドリ科	ヒヨドリ	<i>Hyspipetes anaurotis</i>
ハタオドリ科	スズメ	<i>Passer montanus</i>
アトリ科	カワラヒワ	<i>Carduelis sinica</i>
カラス科	ハシボソガラス	<i>Corvus corone</i>
コイ科カマツカ亜科	モツゴ	<i>Pseudorasbora parva</i>
コイ科タナゴ亜科	ニッポンバラタナゴ	<i>Rhodeus ocellatus kurumeus</i>
ドジョウ科	ドジョウ	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>
ドジョウ科フグドジョウ亜科	ホトケドジョウ	<i>Lefua echigonia</i>
メダカ科	メダカ	<i>Oryzias latipes</i>
タニシ科	マルタニシ	<i>Bellamy chinensis laeta</i>
	ヒメタニシ	<i>Bellamy quadrata histrica</i>
カワナ科	カワナ	<i>Semulcospir libertina libertina</i>
サカマキガイ科	サカマキガイ	<i>Physa acuta Draparnaud</i>
モノアラガイ科	ヒメモノアラガイ	<i>Austropeplea ollula</i>
	モノアラガイ	<i>Radix auricularia japonica</i>
ヒキガエル科	アズマヒキガエル	<i>Bufo japonicus formosus</i>
テナガエビ科	テナガエビ	<i>Macrobrachium nipponense</i>
	スジエビ	<i>Palaemon paucidens</i>
ヌマエビ科	ヌマエビ	<i>Paratya compressa compressa</i>
イトトンボ科	アジアイトンボ	<i>Ischnura asiatica</i>
ヤンマ科	ギンヤンマ	<i>Anax parthenope</i>
トンボ科	シオカラトンボ	<i>Orthetrum albistylum speciosum</i>
	オオシオカラトンボ	<i>Orthetrum triangulare melania selys</i>
	ショウジョウトンボ	<i>Crocotthemis serviana</i>
	アキアカネ	<i>Sympetrum frequens</i>
アメンボ科	ヒメアメンボ	<i>Gerris lacustris</i>
	アメンボ	<i>Gerris</i>
マツモムシ科	マツモムシ	<i>Notonecta triguittata</i>
アゲハチョウ科	アオスジアゲハ	<i>Graphium sarpedon</i>
	キアゲハ	<i>Papilio machaon</i>
	アゲハチョウ	<i>Papilio xuthus</i>
	クロアゲハ	<i>Papilio protenor Denetrius</i>
シロチョウ科	モンシロチョウ	<i>Pieris rapae</i>
セセリチョウ科	イチモンジセセリ	<i>Parnara guttata</i>
スズメバチ科	オオスズメバチ	<i>Vespa mandarinia</i>
ゲンゴロウ科	ハイイロゲンゴロウ	<i>Eretes sticticus</i>
ガムシ科	ガムシ	<i>Hydrophilus acuminatus</i>
テントウムシ科	ナミテントウ	<i>Harmonia axyridis</i>
	キイロテントウ	<i>Illis koebeleri</i>

表4 ピオトープ・パッケージの概念

概念	内容
時間の概念	累積的な開発に伴う空間（ハビタット）の消失に対して、生物多様性オフセットとしてピオトープの損失を補償するもの。
質の概念	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、在来生物種による多様性を実現するもの。また、土、水、植物全てが備わっているもの。
空間の概念	単体としては小規模だが、建物の屋上、壁面、地上、ベランダなどの連続性を少しでも実現する形にすることでネットワークを形成し、総体としてピオトープの機能を期待できるもの。また、空隙の変化に富む多孔質構造であり、水流などに多様性を持たせ、小動物の生息可能性の幅を大きくするもの。
人への潤い	人間に対してやすらぎや、親水の機会を与えるもの。
自然エネルギーの利用	流水・水循環などピオトープの環境維持に必要なエネルギーで賄うもの。また、水も雨水で賄うもの。
都市基盤上への簡易的導入	製作に必要な構成要素の全てをパッケージ（一纏め）した形で提供することで、簡易な導入を可能とするもの。また、どのような形に繋げても水が流れるようになっているもの。
環境保全機能	ヒートアイランド現象、都市型洪水、都市の乾燥化などを抑制する機能が備わっているもの。

一方で屋上におけるピオトープ・パッケージのプロトタイプを用いた研究の整理を行った。結果、ピオトープ・パッケージの計画、施工、維持管理の手順や、生物多様性保全効果などが明らかとなった。この結果を用いてピオトープ・パッケージ用のクールパレットシステムの開発を行い、本大学中庭にピオトープ・パッケージを造成した。中庭ピオトープ・パッケージの計画、施工、維持管理を通して、ピオトープ・パッケージの計画手順の見直し、簡易的施工を行うことができ、また生物多様性の検証を行うことができた。

以上より、狭隘な都市空間において生物多様性に配慮した新たな緑地創造手法としてピオトープ・パッケージ（表4）を提言する。

5. 考察 狭隘な都市空間の緑化として屋上緑化や壁面緑化が挙げられる。東京都の条例にもあるように、一定規模以上の建築物に対して建築物の緑化が義務付けられているが、条例等には何パーセント緑化しなければならないとしか記載がなく、芝やコケだけといった施工が容易であり、コストも安く、メンテナンスも簡易な平面的緑化が多い。現在都市においてはヒートアイランド現象、生物多様性の喪失、乾燥化、都市型洪水などの都市型環境問題が顕在化している。そこで、このような問題の解決策でもあり、生物多様性保全効果もあるピオトープ・パッケージを提言した。

中庭に造成したピオトープ・パッケージの維持管理を通して、夏期の藻類発生や冬期の凍結といった課題が明らかとなった。今後は、このような課題の解決策を検討するとともに、施工事例を増やしさまざまな空間におけるピオトープ・パッケージを検討していく必要がある。

- 参考文献
- 1) 都市緑化技術開発機構（2006）緑の都市再生ガイドブック - こうすればできる緑のネットワーク - ぎょうせい 東京都, 168pp.
 - 2) 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.
 - 3) 田中章（2004）都市の自然を蘇らせるピオトープパッケージ. 月刊不動産流通, No267, 8-9.
 - 4) 橋大介, 薬師寺圭, 中村健二（2004）東京都市内に造られたシミズ屋上ピオトープについて. 清水建設研究報告, 80, 45-54.