

東京都内に初めて造られたシミズ屋上ビオトープについて

橘 大介 薬師寺 圭 中村 健二

(技術研究所)

(技術研究所)

(技術研究所)

The First Shimizu Rooftop Biotope Constructed in the Metropolitan Tokyo Area

by Daisuke Tachibana, Kei Yakushiji and Kenji Nakamura

abstract

A rooftop biotope is a way method of roof gardens, and is positioned as an ultimate roof garden which can expect to especially contribute to preservation of biodiversity. In this paper, we report the design and construction methods, the materials used, control of its maintenance of a rooftop biotope which was built for our first time in the metropolitan Tokyo area. Furthermore, the effect to the biodiversity based on living thing observation results is reported. As a result, the usefulness of building a rooftop biotope in a big city region was verified.

概 要

屋上ビオトープは、屋上緑化の一手法であり、とりわけ生物多様性の保全に寄与することが期待できる究極の屋上緑化として位置付けられる。本稿では、清水建設が東京都内にはじめて建設した屋上ビオトープの設計、施工にかかわる技術、使用資材、ビオトープの経年変化、維持管理に関して得られた情報、生物調査結果に基づいた生物多様性への効果などに関して報告し、大都市域に屋上ビオトープを建設することの有用性を検証した。

§ 1 . はじめに

近年特に人口の密集する大都市域において、ヒートアイランド現象、大気汚染、自然生態系の喪失といった様々な環境問題が顕在化している。このような問題を抑制・緩和するために、建物屋上をはじめとする未活用スペースを植物で緑化することが有効と考えられる。一方、国や地方自治体はこのような状況に鑑み、条例による義務化を実施するとともに、税金の減免や助成金の給付などの制度によって、屋上緑化の普及推進を図ってきた。さらに景観法や都市緑地保全体法等の一部を改正する法律などといった法案が国会に提出され、今後、東京や大都市部で建物を計画する場合などでは、屋上緑化が不可欠になり、屋上緑化ニーズに的確に対応することが重要になってくると考えられる。

屋上緑化の方法としては、セダム・シバ・花卉・雑草などの草本類による平面的緑化、草本類に灌木や喬木といった木本類を加えた立体的緑化、立体的緑化に水辺環境、堆肥槽や粗朶積みなど生物の生息空間であるハビタットをふんだんに設けたビオトープ緑化(以下屋上ビオトープと称する)と大きく3つに分類することができる。このうち屋上ビオトープは、前述した環境問題の抑制・緩和に最も効果的に機能し、とりわ

け都市域における生態系の保全や復元の一翼を担うことが期待されている。

清水建設では、2001年5月に同社技術研究所内に屋上ビオトープを建設した。本稿では、屋上ビオトープの設計、施工にかかわる技術、使用資材、ビオトープの経年変化、維持管理方法、生物調査結果に基づいた生物多様性への効果などに関する調査・研究結果を報告する。

§ 2 . 基本設計・施工計画

2 . 1 基本設計

屋上ビオトープ設置場所は、清水建設(株)技術研究所内暴露試験場屋上(2階部)とし、植栽基盤工事面積を175㎡、純緑化面積を154㎡とした。景観のダイナミズムと奥行き感を演出するため、図-1の基本計画図に示すように、ビオトープの入口から奥に向けて登り勾配を設定した(最大高低差70cm)。水辺環境としては上池(面積約7㎡)小川(面積約5.5㎡)下池(面積約7㎡)を設け、下池と上池を連通管でつなぎ、ポンプにより循環させる方式とした。また、昆虫や爬虫類などが棲息しやすい石積み、丸太積み、粗朶積み、

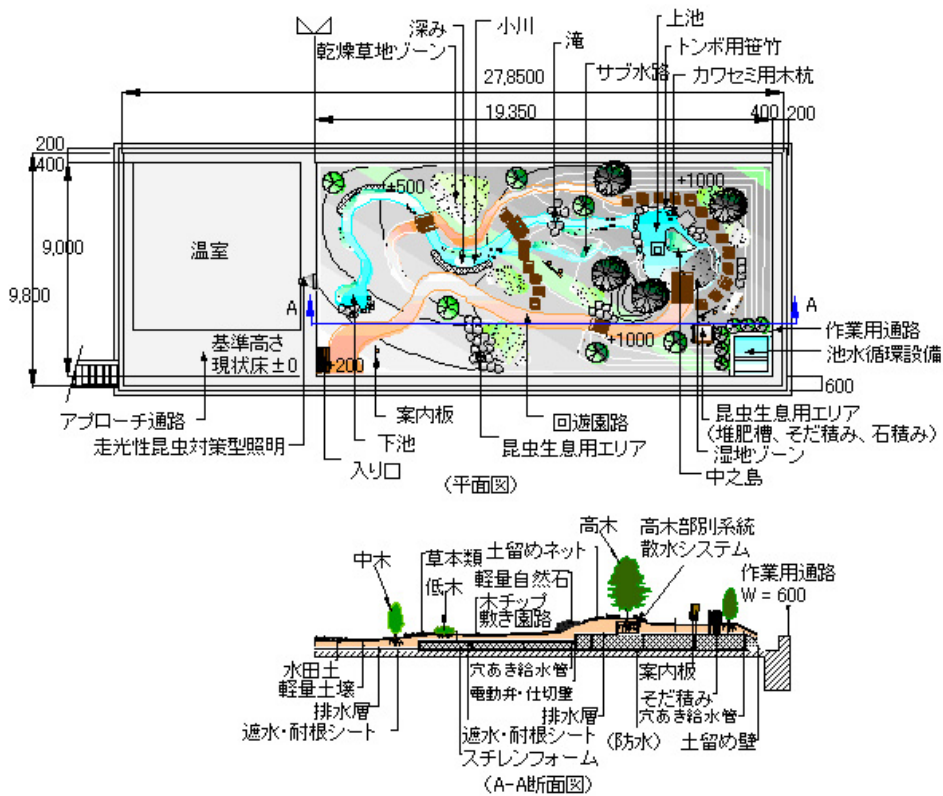


図 - 1 屋上ビオトープ基本計画図

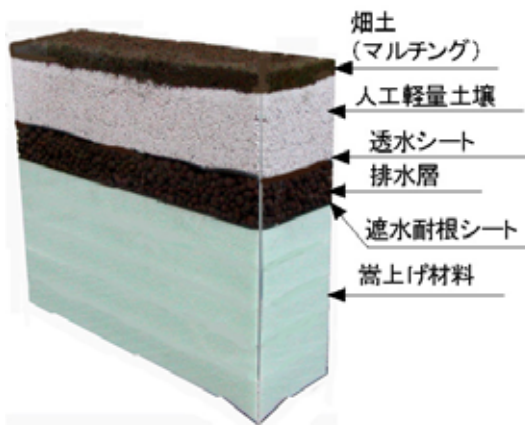


図 - 2 屋上ビオトープ基盤模型

堆肥槽など、多様なニッチを確保することに留意した。なお、上池の奥に園路、上池に中之島、小川にメダカ用サブ水路を当初設置する計画であったが、小さいながらもサンクチュアリーを設けること、池やビオトープ面積自体が小さいことなどの理由により、これらの設備は設けなかった。

屋上ビオトープの植栽基盤は、図 - 2 に示すとおりである。同基盤は4層で構成され、最下層に嵩上げ材の発泡ポリスチレン（以下、スチレンフォームという）その上に順に排水層（膨張性頁岩を焼成して製造する粒径5～15mmの超軽量人工粗骨材）、人工軽量土壌（真珠岩パーライトを原料とする粒径5mm以下の人工軽量細骨材）表土として千葉県産の畑土（園路部は

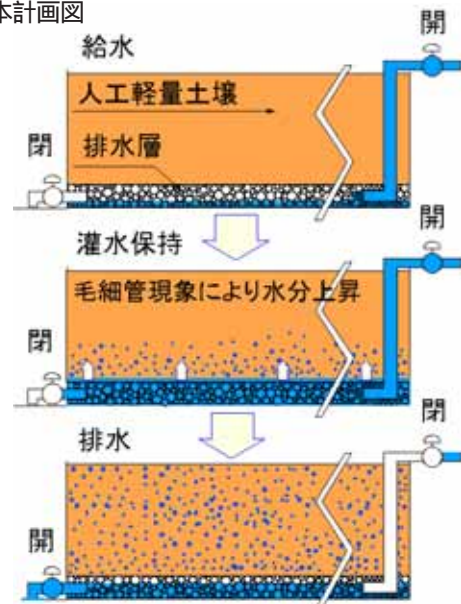


図 - 3 底面灌水方式概念図

マルチング材)を敷設した。各層の設計厚さは、各種造形物の配置や植栽の種類によって、スチレンフォームが10～50cm、排水層が5～10cm、人工軽量土壌が10～40cm、畑土が3cmとした。これにより、ビオトープ基盤の単位面積当たりの質量を約270kg/m²にと従来の1/2以下になるように計画した。

植物への灌水は、図 - 3 に示すような底面灌水方式（全自動カスケード型）を採用した。すなわちこの灌水は、人工軽量土壌層底部まで給水し、所定の時間放置すると毛細管現象によって土中くまなく水が浸透する

表 - 1 屋上ビオトープ施工工程

工事日数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39		
準備工	*	*	*																																						
電気水道工事（一式）				*	*	*	*	*	*	*	*	*																													
基盤工事																																									
・床下調整および段取り				*																																					
・見切材施工（軽量コンブロック）				*	*	*	*	*	*	*	*																														
・嵩上げ材施工（スチレンフォーム）												*	*																												
・遮水・耐根シート施工														*	*	*																									
・造形部施工（池・小川）														*	*	*	*	*																							
土 壌 工 事																																									
・排水層施工																										*															
・透水シート敷設、池周り雑工事																											*														
・人工軽量土壌施工																													*	*	*										
・遮水・耐根シート施工（池、小川）																								*	*	*															
・水田土工																													*	*	*	*									
・表土施工（畑土）																																								*	
灌水設備工事および池・小川循環工事												*											*	*	*	*													*		
各種ビオトープ施設工事（一式）																														*	*	*	*	*					*	*	
植栽工事（木本類・草本類）																													*								*		*		
清掃・片付け																																								*	

方法である。さらに同屋上ビオトープでは、植栽域をグランドレベルの高い奥から上段、中段、下段の3ブロックに区画し、それらのブロックを水勾配を利用して順に灌水していく方式とした。これにより余剰水を廃棄せずに隣接ブロックで再利用でき、水道使用量を削減できることになる。一連の灌水工程は、信号出力型吸引式pF測定装置とマイコンによって自動制御される。

植物に関しては、屋上ビオトープの建設地周辺で生育した千葉県、埼玉県および茨城県産の植物を選定して植栽する計画とした。すなわち、ビオトープの植物の選定にあたっては、地域特性にあった植物種を選定するとともに、出所をチェックし、遺伝子攪乱のないものを用いることにした。さらに鳥や昆虫が好んで食べる食餌植物を積極的に導入した。植物の種類としては、樹高4m程度の高木から低木まで約30種類100本程度の木本類と草本類約70種類程度とした。

同屋上ビオトープは、国内初の本格的な屋上ビオトープとなるため、生物観察用各種カメラの撮影データおよび風向・風速・温湿度・降雨量などの気象データをLANを介してイントラネット上で観察・記録できるビオトープモニタリングシステムを開発・設置した。

2.2 施工計画

屋上ビオトープ建設の工種および作業の流れを示す工程表は表-1のようになる。この工程表にしたがって工事を進めると、同屋上ビオトープの施工条件、施工規模の場合、30～40日で工事を完了することになる。実績でもほぼ実働日数は同程度となり、休日や雨天による作業中止日を入れると概ね2カ月程度となった。なお、同屋上ビオトープでは、建物2階部屋上と比較的低い位置での施工であったため、使用資材の荷

揚げには4t ユニック車を配置することで十分であった。

§3 屋上ビオトープの施工手順

屋上ビオトープの施工手順例を以下に示す。

(1) 設置場所の整地

屋上ビオトープを設置する場所の整地を行った。本事例では、既設の暴露試験架台上（デッキプレート上）に設置することになったので、架台上の試験体を移設し、清掃して、写真-1に示すように、更地に戻した。

(2) 見切材の施工

見切材により植栽域を区画した。見切材としては軽量コンクリートブロックを使用し、縦筋、横筋を所定の位置に配筋し、軽量コンクリートによりブロック間を固定した（写真-2参照）。

(3) 嵩上げ材の施工

池や小川を配し、景観のダイナミズムを演出しながら、積載荷重を大幅に低減するために嵩上げ材を使用した。嵩上げ材は、密度の小さいスチレンフォームを使用した（写真-2参照）。

(4) 池・小川循環水設備の施工

同屋上ビオトープは、池・小川を有し、水は循環して使用する設計としている。このため、写真-3に示すように、設備として、桝、配管（連通管）、貯水タンク、ポンプなどが必要になる。泥溜めや余剰水の排水などの目的で設置する桝は、軽量コンクリートブロックで外枠を作り、内側にステンレス枠を設置し、ブロックとステンレス枠の間に軽量コンクリートを充填して製作した。連通管は、100mmの塩化ビニル製のVP管（2本）を使用した。余剰水の排水、循環水の補充や物理的浄



写真 - 1 設置場所の整地



写真 - 2 見切材・嵩上げ材の施工

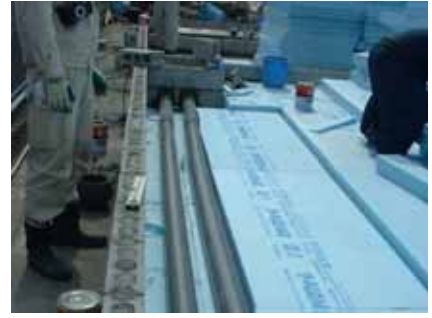


写真 - 3 柵・連通管の施工



写真 - 4 遮水・耐根シート、造形部の施工



写真 - 5 給排水管の施工



写真 - 6 排水層・水辺まわりの施工



写真 - 7 人工軽量土壌の施工



写真 - 8 畑土・植栽施工



写真 - 9 竣工直後

化などを目的として設置した貯水タンクは、ステンレス製で容量約0.48m³である。ポンプは、揚程5m（揚水量80リットル/min）、定格電力360Wのものを使用した。

(5) 遮水・耐根シートの施工

写真 - 4 に示すように、植栽域の遮水と耐根を目的としたシートを施工した。シートは、塩化ビニル製で、厚さ1.5mmである。施工完了後、湛水試験を行い、漏水チェックを実施した。

(6) 池・小川造形部の施工

上池、小川、下池の造形には、写真 - 4 に示すように、軽量化を目的として、嵩上げ材と同じスチレンフォームを使用した。なお、造形部は、灌水時や降雨時に大きな浮力を受けるので浮上り防止対策が必要になる。

(7) 給排水管の施工

植物への灌水は、底面灌水方式を採用したので、写真 - 5 に示すように、給水管、排水管、電動バルブなどの取付けを行った。

(8) 造形部の遮水・耐根シートの施工

前述のシートを用いて、写真 - 6 に示すように、池・

小川といった造形部の遮水・耐根工事を行った。湛水試験により、漏水チェックを行った。

(9) 排水層の施工

排水層用材料には、膨張性頁岩を原料とする超軽量骨材（絶乾密度0.8g/cm³、粒径5～15mm）を使用した。排水層の厚さは、50～100mmとして敷き均した（写真 - 6 参照）。

(10) 透水シートの敷設

土壌の排水層への侵入を防止するために、透水シート（不織布）を排水層全面に敷設した（写真 - 6 参照）。

(11) ヤシ繊維シートの敷設

水廻りの水田土の流出を防止するなどの目的でヤシ繊維シートを池および小川底部に敷設した（写真 - 6 参照）。

(12) 人工軽量土壌の施工

真珠岩を原料とする超軽量人工土壌を投入し、写真 - 7 に示すように、客土部を施工した。土壌厚は、植栽の種類に合わせて所定の厚さとした（例えば、高木廻りは土壌厚40cm）。施工中は土壌飛散防止のため散

表 - 2 使用資材一覧表

No.	施工部位	使用資材名称	規格	単位	搬入数量	使用数量	質量 (kg)
1	見切材	軽量コンクリートブロック	390 × 190 × 120mm	個	680	490	8860 (18%)
2		鉄筋	D10	m	234	229	
3		セメント	普通ポルト	袋 (25kg)	55	37	
4		細骨材1	山砂	m ³	1.2	1.2	
5		細骨材2	人工軽量細骨材	m ³	0.8	0.8	
6		粗骨材	人工軽量粗骨材	m ³	0.36	0.36	
7	嵩上げ材 (造形部含む)	スチレンフォーム	1800 × 900 × 100mm	m ³	52.2	44.7	2020 (4%)
8		発泡スチロール	1800 × 900 × 100mm	m ³	22.1	19.8	
9		接着剤	-	kg	108	84	
10	遮水・耐根シート	防水シート	塩化ビニール製 t=1.5mm	m ²	324	315	610 (1%)
11	池・小川循環設備 灌水設備 給水管・電気設備	塩化ビニール製配管	VP100 ~ 20	-	-	-	2330 (5%)
12		ポンプ	-	基	1	1	
13		ステンレス製貯水タンク	1000 × 1200 × 400mm	基	1	1	
14		ステンレス製樹	-	基	1	1	
15		灌水設備 (制御盤含む)	-	式	1	1	
16		電気配線・給水管配管	-	式	1	1	
17		循環水	水道水 (雨水併用)	m ³	1.7	1.7	
18	植栽基盤	排水層用材料	人工軽量粗骨材	m ³	10.0	7.0	30540 (64%)
19		透水シート	不織布	m ²	200	160	
20		人工軽量土壌	人工軽量細骨材	m ³	36.5	36.2	
21		畑土	-	m ³	5.9	5.7	
22		池・小川用水田土	荒木田土	m ³	3.5	2.5	
23	その他ビオトープ設備	ヤシ繊維シート	-	m ²	330	85	2230 (5%)
24		景石など	川砂利、抗火石	個	510	485	
25		木材 (松)	板、タイコ、杭	-	-	-	
26		木材 (ケヤキ)	-	-	-	-	
27	園路表面マルチング材	針葉樹皮	m ³	1.0	0.65	1200 (推定) (3%)	
28	植栽	木本および草本	-	式	1		1
全荷重47.79 ton (約270 kg/m ²)							

注1) 質量の項目で、カッコ内の数値は屋上ビオトープ全質量に対する各施工部位の質量割合 (%) を示す。

水を実施し、施工後は畑土の施工またはマルチング材の施工が終了するまでシート養生を実施した。

(13) 水田土の施工

池、小川といった水廻りに関しては、水田土 (荒木田土) を施工した。

(14) 木本類の植込み

人工軽量土壌の施工が完了した後、写真 - 8 に示すように、木本類 (高木、中木、低木) の植込みを行った。

(15) 畑土の施工

表土部分として、写真 - 8 に示すように、畑土 (厚さ約 30mm 程度) を人工軽量土壌の上に施工した。

(16) 草本類の植込み・マルチング材の施工

草本類の植込みを行うとともに、園路部に針葉樹皮を切削したマルチング材を敷設した。

(17) 多様な生物のハビタットづくり

多様な生物のハビタットづくりとして、水辺環境 (上池、エコトーン、小川、滝、下池) だけでなく、石積み、粗朶積み、丸太積み、堆肥槽などをビオトープ内に設置した。

(18) 屋上ビオトープ管理設備の設置

屋上ビオトープ管理設備として、灌水設備とビオトープモニタリングシステムを設置した。灌水設備は、全自動カスケード型底面灌水システムとした。同システムは、制御盤、植栽域に設置した信号出力式 pF 計、給排水用電動バルブ、給排水管などで構成される。また、飛来生物の観察を目的として設置したビオトープモニタリングシステムは、リモートコントロール式ズームカメラ、赤外線カメラ、小型 CCD カメラを各々 2

台、風速・風向・降雨量・温湿度の測定が可能な気象ステーションで構成され、LAN を介してイントラネット上で観察・制御することができる。これにより、飛来生物の同定などを行うことができる。

これらの施工手順にしたがって完成した屋上ビオトープの全景を写真 - 9 に示す。

§ 4 . 屋上ビオトープの仕様

4 . 1 使用資材と荷重

使用資材一覧表を表 - 2 に示す。使用資材を施工部位で大別すると、見切材、嵩上げ材、設備資材 (給水・電気・灌水・水循環)、植栽基盤材、植栽および生物のニッチなどを考慮したビオトープ設備資材になる。屋上ビオトープの全荷重は約 48t になり、単位面積当りの荷重は約 270kg/m² と極めて軽量に造り込むことができた。それと同時に景観のダイナミズムも十分演出することができた。このようにできたのは、平均敷設厚さ 30cm 以上とした嵩上げ材 (スチレンフォーム) によるものであり、嵩上げ材容積は植栽基盤容積よりも大きかった。同屋上ビオトープをさらに軽く造ろうとする場合、見切材に軽い資材を使用したりすることなどで単位面積当りの荷重を 250kg/m² 程度以下まで低減することも可能と考えられる。

屋上ビオトープ全荷重に占める植栽基盤荷重の割合は約 64% になり、このうち人工軽量土壌は約 37% の質量割合を占めた。すなわち、屋上ビオトープを軽く造

表 - 3 導入植物一覧表

分類	種類	種類・本数
高木	コナラ (2, H=3.5, 4.0, C=0.10, 0.13)、クヌギ (1, H=1.8, C<0.10)、ウワミズザクラ (1, H=3.0, C=0.16) イロハモミジ (1, H=3.0, C=0.12)、クリ (1, H=1.5, C<0.10)、カラスザンショウ (1, H<1.0, C<0.10) イヌマキ (1, H<1.0, C<0.10)、エゴノキ (1, H<1.0, C<0.10)	8種類9本
中木	ウメ (1, H=1.8, C<0.10)、ヌルデ (2, H<1.0, C<0.10)、サンゴジュ (6, H=1.5~1.8, C<0.10) ヤブツバキ (1, H=1.8, C<0.10)、クワ (1, H=2.0, C<0.10)、ネムノキ (1, H<1.0, C<0.10)	6種類12本
低木	ムラサキシキブ (3, H=1.2, C<0.10)、ガマズミ (2, H=1.5, C<0.10)、カラタチ (1, H=1.6, C<0.10) キンカン (1, H=1.5, C<0.10)、サンショウ (1, H=1.5, C<0.10)、コウゾ (4, H<1.0, C<0.10) ユキヤナギ (11, H<1.0, C<0.10)、サツキツツジ (13, H<1.0, C<0.10)、キブシ (1, H<1.0, C<0.10) ヒラドツツジ (17, H<1.0, C<0.10)、ドウダンツツジ (5, H<1.0, C<0.10)、ヤマブキ (11, H<1.0, C<0.10) ハギ (6, H<1.0, C<0.10)	13種類76本
草本	ナデシコ (5)、オミナエシ (5)、フジバカマ (5)、キキョウ (5)、ジュウニヒトエ (50)、セリ (5) ナズナ (5)、オギョウ (5)、ハコベ (5)、ホトケノザ (5)、スズナ (5)、ドクダミ (2)、ヒガンバナ (5) チドメグサ (25)、コクマザサ (5)、オロシマチク (5)、ススキ (5)、カタバミ (10)、ギシギシ (10) ヤブラン (50)、ヒメシャガ (30)、ギボウシ (30)、リュウノヒゲ (100)、オオイヌノフグリ (5)、ヘデラ (60) ナツツタ (60)、セキショウ (15)、ミクリ (15)、ヒメガマ (15)、アサザ (15)、シロネ (15)、ガガブタ (15) ヒツジグサ (15)、マツモ (15)、クロモ (15)、フサモ (15)、アヤメ (15)、コウホネ (15)、ヒメビシ (15) ノハナショウブ (15)、トクサ (5)、オドリコソウ (5)、イ、オカトラノオ、オトギリソウ、コケオトギリ コナスビ、シロツメクサ、タコノアシ、タチツボスミレ、チガヤ、チダケサシ、ツユクサ、オニヤブソテツ ヒヨドリジョウゴ、ヒヨドリバナ、ヘビイチゴ、ホタルブクロ、タネツケバナ	59種類 700ポット以上

注1) カッコ内の数字は、順に本数またはポット数、樹高(m)、幹周(m)を示す。

注2) 1年目および2年目に木本類3種、草本類14種、合計17種を追加導入した(合計導入種数は103種)。

ろうとする場合、いかに土壌厚を薄くするか、どのくらい軽い土壌を使用するかがポイントになる。しかしながら、屋上ピオトープ建設の本来の目的を踏まえると、土壌は表土部分(平均厚さ約3cm)だけを畑土にするのではなく十分な厚さを持った畑土を使用したい。人工軽量土壌は植栽基盤の軽量化、省資源、灌水管理面から優れた機能を有しているが、バクテリアやミミズなどが多く生息し、団粒構造を形成する畑土などと比較すると、物質循環や生物多様性といった面では劣っている。今回建設した屋上ピオトープは、とにかく軽く造ることが目的の一つであったため、このような仕様になっているが、畑土と人工軽量土壌を適宜バランスよく併用しながら屋上ピオトープを建設することが肝要と考えられる。

4.2 導入生物

導入植物は、表 - 3 に示すとおりである。我が国の生物多様性の豊かさは、稲作農業経済の中で培われたものであり、同屋上ピオトープは「里山～里」の生態系の再現・復元をめざして、植物選定やハビタット作りを行った。したがって導入植物の特徴としては、樹高2～4m程度のコナラやクヌギなど里山の二次林を形成する代表的な落葉広葉樹を植栽したこと、遺伝子攪乱のない出自の明らかな在来種を主に植栽したこと(千葉県・埼玉県・茨城県産)、生物が多く飛来するように食餌植物を積極的に導入したことなどである。すなわち、従来の屋上緑化では主に常緑樹を中心に植栽しており、これらが大きく異なる点と言える。同屋上ピオトープでは、木本類27種類97本、草本類59種類700ポット以上を植栽した(竣工時)。

導入した動物に関しては、トンボやチョウなどのハネモノやその他の昆虫、鳥類に関しては近隣から飛来するので、魚類・貝類のみにとどめた。すなわち、魚類に関しては東京で採取され世代をかさねたメダカを17匹、貝類に関してはカワニナ、モノアラガイ、タニシを各8匹放流した。メダカを選定した理由は、絶滅が危惧される環境指標動物であること、高い水温に対しても耐えられること、環境さえ整えば短期間で増殖することなどに因っている。

§ 5. 生物調査結果

5.1 植物

出現植物一覧表を表 - 4 に示す。導入植物は103種(竣工後に17種追加植栽)であったのに対して、3年間での出現種数は、草本類110種、木本類17種、合計127種であった。すなわち3年間で植物の種数が2倍以上に増加したことになる。これら植物の出現は、草本類では表土に使用した畑土中の埋土種子の発芽によるものが比較的多く、木本類では鳥によって運ばれた種子の実生が多いと考えられる。出現植物の科別種数は図 - 4 に示すとおりである。一般に市街地や野に自生する草本類では、キク科、イネ科、カヤツリグサ科の種数が圧倒的に多いが、同ピオトープに出現した草本類の傾向もほぼ同様であった。また出現植物(草本類)に含まれる帰化植物の割合(帰化率¹⁾)は約35%であった。屋上ピオトープを造る場合、外来種である帰化植物が混入することを是としめない研究者も多く見受けられるが、同ピオトープでは群落を形成して他の植

表 - 4 出現植物一覧表

No.	分類	科名	種名	No.	分類	科名	種名	No.	分類	科名	種名
1	草本	アカザ科	シロザ	46	カヤツリグサ科	サンカクイ	サンカクイ	91	トウダイグサ科	コニシクソウ	
2			コアカザ	47			ヒンジガヤツリ	92		ナス科	アメリカイヌホオズキ
3		アカネ科	ヘクソカズラ	48			アデリコ	93	イヌホオズキ		
4			ヨツバムグラ	49			フトイ	94	ナデシコ科	ツメクサ	
5			アカバナ科	チョウジタデ			50	チャガヤツリ		95	ムシトリナデシコ
6		コマツヨイグサ		51			メリケンガヤツリ	96		ノミノフスマ	
7		メマツヨイグサ		52			アゼガヤツリ	97		オランダミミナグサ	
8		アヤメ科		ニワゼキショウ			53	キキョウ科	キキョウソウ	98	ハマウツボ科
9		イグサ科	スズメノヤリ	54			ヨモギ		99	ヒメシダ科	ホシダ
10		イネ科	イネ科	メリケンカルカヤ			55	キク科	ホウキギク	ホウキギク	100
11				メヒシバ	56	アメリカセンダングサ	101			ベンケイソウ科	コモチマンネングサ
12				イヌビエ	57	ヒメジョオン	102			マメ科	ヤハズソウ
13				ケイヌビエ	58	ヒメムカシヨモギ	103				コムツツメクサ
14				オヒシバ	59	オオアレチノギク	104				カラスノエンドウ
15				ササガヤ	60	ハキダメギク	105				メドハギ
16				ヌカキビ	61	ウラジロチチコグサ	106			ムラサキ科	ハナイバナ
17				エノコログサ	62	ノボロギク	107				キュウリグサ
18				スズメノカタビラ	63	セイタカアワダチソウ	108			ヤマゴボウ科	ヨウシュヤマゴボウ
19				スズメノテッポウ	64	ノゲシ	109			ヤマノイモ科	ヤマノイモ
20				ヒエガエリ	65	オニタヒラコ	110	ラン科	ネジバナ		
21				コヌカグサ	66	ハルジオン	111	ツバキ科	ヒサカキ		
22				ユブナグサ	67	オニノゲシ	112		モッコク		
23				カモジグサ	68	ブタナ	113		フサザクラ科	フサザクラ	
24				シマスズメノヒエ	69	チチコグサモドキ	114		ニレ科	ケヤキ	
25				ヌカボ	70	アキノノゲシ	115		バラ科	コデマリ	
26				オニウシノケグサ	71	タカサブロウ	116			ユキヤナギ	
27				カモガヤ	72	アレチノギク	117		イラクサ科	コアカソ	
28				ホソムギ	73	キツネノマゴ科	キツネノマゴ		118	ブドウ科	ツタ
29				イラクサ科	アカソ	クワ科	クワクサ		119		ノブドウ
30		オオバコ科	オオバコ	コケ科	ゼニゴケ	120	カエデ科		モミジ		
31	オトギリソウ科	トモエソウ	ゴマノハグサ科	トキワハゼ	121	ミカン科	カラスザンショウ				
32	オモダカ科	オモダカ		タチイヌノフグリ	122	モクセイ科	トウネズミモチ				
33	ガガイモ科	ガガイモ		マツバウンラン	123	トウダイグサ科	アカメガシワ				
34	カタバミ科	イモカタバミ	シソ科	イヌコウジュ	124	ゴマノハグサ科	キリ				
35	カヤツリグサ科	カヤツリグサ科	コゴメガヤツリ	80	トウバナ	125	マメ科	ハギ			
36			カヤツリグサ	81	スベリヒコ科	スベリヒコ	126	ヤマモモ科	ヤマモモ		
37			テンツキ	82	スミレ科	スミレ	127	ユキノシタ科	ウツギ		
38			ヒメクグ	83	アリアケスミレ		草本類 36科 110種 木本類 14科 17種				
39			ウキヤガラ	84	ヒメスミレ						
40			ユメノシマカヤツリ	85	コスミレ						
41			ケスゲ	86	イヌタデ						
42			ハマスゲ	87	オオイヌタデ						
43			イガガヤツリ	88	スイバ						
44			タマガヤツリ	89	ツルナ科	ザクロソウ					
45	コアゼガヤツリ	90	トウダイグサ科	エノキグサ							

物を被圧したりなどしない植物に関しては抜き取ったりせずに許容することにした。

表土に畑土を使用すると、その中に含まれる埋土種子の効果により、植栽域を速やかに多種多様な植物で覆うことが可能であることが検証された。一方、使用する表土によっては帰化植物の発生割合が顕著に大きくなることも懸念され、表土の利用に当たっては、表土採取場所の周辺調査なども必要と考えられる。

5.2 飛来生物（昆虫・鳥類）

定期的な生物調査およびビオトープモニタリングシステムによる生物観察などを実施した。3年間の出現昆虫一覧表を表 - 5 に示す。観察された出現昆虫は、合計8目70科171種であった。この結果を目別種数で整理すると、図 - 5 に示すとおりになる。目別種数では、ハチ目、ハエ目が最も多く、次いでコウチュウ目、チョウ目、バッタ目、カメムシ目、トンボ目、カマキリ目の順になった。立地環境別で飛来昆虫種数を整理

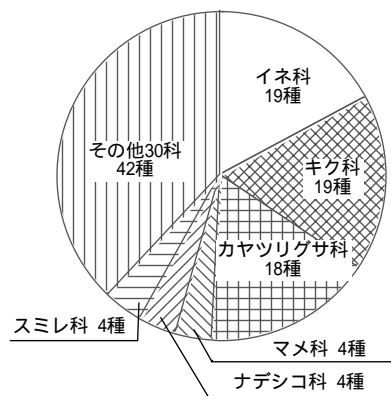


図 - 4 出現植物の科別種数

すると、図 - 6 に示すように、草地性昆虫の割合が最も多く、次いで樹林性、止水性、裸地性の順になった。このような飛来昆虫の傾向は、屋上ビオトープの設置場所や屋上ビオトープのゾーニングの方法などに依存すると考えられる。

頻繁に飛来したトンボは、シオカラトンボ、ショウ

表 - 5 出現昆虫一覧表

No.	目名	科名	種名	No.	目名	科名	種名	
1	トンボ	イトトンボ	クロイトトンボ	87	ハチ	アリ	ルリアリ	
2			アジアイトトンボ	88			クロオオアリ	
3			アオモンイトトンボ	89			クロヤマアリ	
4			イトトンボ科の一種	90			トビイロケアリ	
5		ヤンマ	ギンヤンマ	91		カワラケアリ		
6			ショウジョウトンボ	92		アメイロアリ		
7		トンボ	ハラビロトンボ	93		スズバチ		
8			シオカラトンボ	94		フタモンアシナガバチ		
9			ウスバキトンボ	95		セグロアシナガバチ		
10			ナツアカネ	96		キアシナガバチ		
11			アキアカネ	97		コアシナガバチ		
12			ノシメトンボ	98		コガタスズメバチ本土亜種		
13	カマキリ	カマキリ	チョウセンカマキリ	99	アナバチ	アバタアリマキバチ		
14			オオカマキリ	100	ハトガユギングチ			
15	バッタ	コオロギ	ハラオカメコオロギ	101	コハナバチ	アカガネコハナバチ		
16			ミツカドコオロギ	102	シロスジカタコハナバチ			
17			シバスズ	103	コハナバチ属の一種			
18			マダラスズ	104	ヒメハナバチ	ヒメハナバチ属の一種		
19			ヤチスズ	105	ハキリバチ	スミスハキリバチ		
20			エンマコオロギ	106	ハキリバチ属の一種			
21			ツツレサセコオロギ	107	コシブトハナバチ	シロスジヒゲナガハナバチ		
22			コオロギ科の一種	108	ミツクリヒゲナガハナバチ			
23			クサヒバリ	ウスグモスズ	109	クマバチ		
24			カネタタキ	カネタタキ	110	ミツバチ	ニホンミツバチ	
25	カンタン	カンタン	111	ガガンボ	セイヨウミツバチ			
26		ヒロバナカンタン	112	ユスリカ	Tipula属の一種			
27	カメムシ	キリギリス	セスジツコムシ	113	ミズアブ	ユスリカ亜科の一種		
28			ツコムシ	114	ツリアブ	コウカアブ		
29		クビキリギリス	115	ムシヒキアブ	アメリカミズアブ			
30		オンブバッタ	オンブバッタ	116	ハナアブ	スキバツリアブ		
31		バッタ	ショウリョウバッタ	117	ハナアブ	アオメアブ		
32			トノサマバッタ	118	ハナアブ	シオヤアブ		
33		カメムシ	メクラカメムシ	エゾイナゴ	119	ハナアブ	ホソヒラタアブ	
34				アブラセミ	120	ハナアブ	ナミホシヒラタアブ	
35				ウンカ	テラウチウンカ	121	ハナアブ	クロイワオビヒラタアブ
36				アメンボ	ヒメアメンボ	122	ハナアブ	ホソヒメヒラタアブ
37	ミスムシ			コムスムシ	123	ハナアブ	キタヒメヒラタアブ	
38	メクラカメムシ			ムギメクラガメ	124	ハナアブ	キイロナミホシヒラタアブ	
39				アカヒゲホソミドリメクラガメ	125	ハナアブ	キアシマメヒラタアブ	
40	メクラカメムシ科の一種			126	ハナアブ	ホシメハナアブ		
41	マキバサシガメ			ハネナガマキバサシガメ	127	ハナアブ	シマハナアブ	
42	ゲンバウムシ			ツツジゲンバウムシ	128	ハナアブ	ハナアブ	
43	ナガカメムシ	ヒメナガカメムシ	129	ハナアブ	オオハナアブ			
44		ムラサキナガカメムシ	130	ヒロクチバエ	ミスジヒメヒロクチバエ			
45	オオメカメムシ	131	ヤチバエ	ヒゲナガヤチバエ				
46	キベリヒョウタンナガカメムシ	132	ヒメコバエ	ツマグロヒメコバエ				
47	ヒメヘリカメムシ	スカシヒメヘリカメムシ	133	クワバエ	ヒメクワバエ			
48	マルカメムシ	マルカメムシ	134	クワバエ	トウヨウカトリバエ			
49	カメムシ	フチヒゲカメムシ	135	クワバエ	ヘリグロヒメハナバエ			
50	オサムシ	チビヒョウタンゴミムシ	136	クワバエ	ケバククワバエ			
51		ヨツモンコムズギワゴミムシ	137	クワバエ	オオクワバエ			
52		アオグロヒラタゴミムシ	138	クワバエ	トウキョウキンバエ			
53		マルガタゴミムシ	139	クワバエ	ヒロズキンバエ			
54		アカアシマルガタゴモクムシ	140	クワバエ	ミドリキンバエ			
55		ゲンゴロウ	チビゲンゴロウ	141	クワバエ	ホホグロオビキンバエ		
56	ガムシ	キイロヒラタガムシ	142	クワバエ	ツマグロキンバエ			
57	ハネカクシ	クワヒメカワバネカクシ	143	クワバエ	センチクワバエ			
58		メダカハネカクシ属の一種	144	クワバエ	ニクバエ亜科の一種			
59		シリボソハネカクシ亜科の一種	145	クワバエ	ブランコヤドリバエ			
60		ヒゲブトハネカクシ亜科の一種	146	クワバエ	ヤドリバエ亜科の一種			
61	コウチュウ	コガネムシ	アカピロウドコガネ	147	ハマキガ	チャハマキ		
62			アオドウガネ	148	メイガ	キアヤヒメノメイガ		
63			マメコガネ	149	メイガ	ベニフキノメイガ		
64			コアオハナムグリ	150	メイガ	メイガ科の一種		
65			シロテンハナムグリ	151	セセリチョウ	イチモンジセセリ		
66			シラフチビマルトゲムシ	152	アゲハチョウ	チャバネセセリ		
67			カタモンチビコメツキ	153	アゲハチョウ	アオスジアゲハ		
68			セボシジョウカイ	154	アゲハチョウ	クロアゲハ		
69			ナミテントウ	155	アゲハチョウ	ナミアゲハ		
70			ナナホシテントウ	156	アゲハチョウ	モンキチョウ		
71	キイロテントウ	157	アゲハチョウ	キチョウ				
72	ダンダラテントウ	158	アゲハチョウ	スジグロシロチョウ				
73	アオバナサルハムシ	159	アゲハチョウ	モンシロチョウ				
74	ヒメキバナサルハムシ	160	アゲハチョウ	ルリシジミ				
75	サンゴジュハムシ	161	アゲハチョウ	ツバメシジミ				
76	ゾウムシ	ヒレルクチフトゾウムシ	162	アゲハチョウ	ウラナミシジミ			
77	ミフシハバチ	ルリチュウレンジ	163	アゲハチョウ	ベニシジミ			
78	ハチ	ハバチ	ハグロハバチ	164	アゲハチョウ	ヤマトシジミ本土亜種		
79			セグロカブラハバチ	165	アゲハチョウ	ゴマダラチョウ		
80		ハバチ科の一種	166	アゲハチョウ	ルリタテハ			
81		ヒメバチ科の一種	167	アゲハチョウ	キタテハ			
82		コツチバチ	コツチバチ属の一種	168	アゲハチョウ	スズメガ		
83		キオビツチバチ	169	アゲハチョウ	オオスカシバ			
84	ヒメハラナガツチバチ	170	アゲハチョウ	モンクワシヤチホコ				
85	オオハラナガツチバチ	171	アゲハチョウ	アカテングチバ				
86	アリ	トビイロシワアリ	171	アゲハチョウ	ヤガ科の一種			

合計 8目70科171種

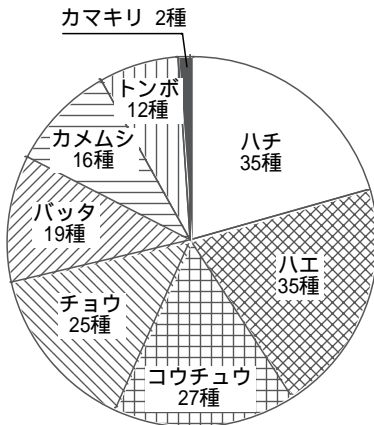


図 - 5 飛来昆虫の目別種数

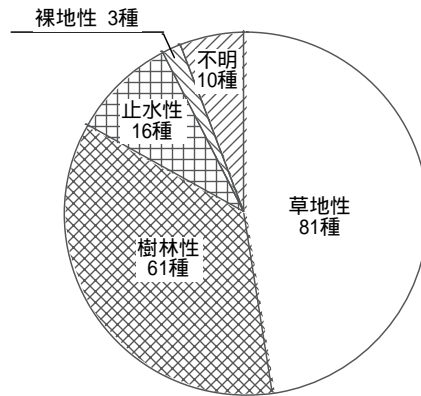


図 - 6 飛来昆虫の立地環境と種数



写真 - 10 ハラピロトンボ



写真 - 11 ヒロバネカント



写真 - 12 ジョウビタキ



写真 - 13 モズ

ジョウトンボ、ウスバキトンボなどであり、珍しい種ではハラピロトンボも観察された(写真 - 10参照)。トンボの成虫は産卵し、卵はヤゴになり、羽化していく様子が観察された。チョウに関しては、ナミアゲハが最も多く飛来し、カラスザンショウやサンショウなどの食餌樹木に産卵していった。食餌植物が小さいことなどから、卵は、終齢幼虫に至る時点でほとんど鳥やハチに捕食された。トンボ、バッタおよびチョウに関しては同一種の昆虫がリピータとして繰り返し出現すること、コオロギ、カント、ツコムシなどの直翅目はピオトープへの定着が認められることなども併せて観察された(写真 - 11参照)。また畑土を表土としてわずか3 cm盛ったことにより、落葉や土壌有機物を分解してくれるヤスデやミミズの発生・定着も観察され、このような狭い閉鎖空間においても物質循環が可能なエコシステム構築の兆しも認められた。

次に飛来した鳥類は、シジュウカラ、ムクドリ、ドバト、オナガ、ハクセキレイ、ヒヨドリ、カワラヒワ、キジバト、スズメ、ハシブトカラス、ツグミ、メジロ、ジョウビタキ、モズ、カルガモの15種類であった(写真12~13参照)。飛来した鳥を生息環境タイプで分類すると、人家周辺タイプがやはり多いようであり、それに加えて疎林・林縁タイプや水辺タイプの鳥も観察された²⁾。鳥は、主に水浴びと飲み水を求めてピオトープに飛来するようであった。

なお、飛来生物に関しては、適用施設によっては迷惑鳥獣として飛来することを拒まれる種もあり、生物の選択飛来技術なども今後の研究対象になると考えられる。

§ 6 . ピオトープの経年変化と維持管理

6 . 1 ピオトープの経年変化

竣工直後の屋上ピオトープは裸地がかなり目立つが、1年経過後では既に裸地はほとんど認められず、草本類が旺盛に繁茂した状態を呈している(写真 - 14 ~ 15参照)。このような植物の繁茂状況は、前述したように表土中の埋土種子の発芽に依存するところが大きいと考えられる。また1年目の冬季(2月)の状況は、写真 - 16に示すように、冬枯れの状況を呈することになる。これは里山を設計コンセプトとして、落葉広葉樹を中心に植栽計画したためである。この点が照葉樹を中心とした常緑広葉樹を主に植栽する通常の屋上緑化と異なる点と言える。このように里山ピオトープは、四季の移り変りを楽しんだり、多くの生き物を誘致できる反面、冬季の景観に不満を抱く設計者や施主が多くいるとも考えられる。屋上ピオトープの設計コンセプトは里山に限定されるものではなく、ニーズに即したさまざまな設



写真 - 14 竣工時(2001年5月)



写真 - 15 一年経過時(2002年5月)



写真 - 16 冬季の状況(2002年2月)

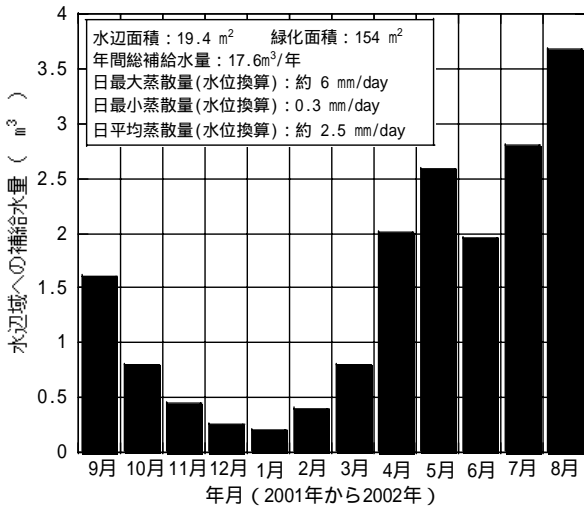


図 - 7 ピオトープ水辺域への補給水量の変化

計コンセプトがあると考えられる。

6.2 植物の管理

植物の管理に関しては、草本と木本の管理がある。管理目的は、設置目的の永続的な充足、第三者への危害防止、建物設備などへの損傷防止、永続的に多様な植物を発芽・開花・生育させるためなどである。同ピオトープで実施した管理項目は、a. 樹木の枯葉などの清掃(特にドレイン周り)、b. 樹木の剪定や撤去、c. 優占種・外来種・枯草などの除草・撤去、d. 施肥である。管理の仕事量としては、c>a>b>dの順であり、項目b, dはほとんど手間のかからない管理項目のようである。上述した各管理項目、とりわけを満足するような管理を実施する場合には、項目cが最も手間が必要になると考えられる。主な管理内容としては、優占種の除草、イネ科・カヤツリグサ科などの高茎草本類の枯草除草、群落を形成しやすい外来種の除草などである。このような管理を実施することで、質の高

いピオトープを維持することができる。

今後は、維持管理手間の削減という観点から、ある程度無管理状態で経年させ、各種被圧植物などによる植生遷移への影響についても検討し、最適なピオトープ管理手法を提案する必要があると考えられる。

6.3 維持管理費用

人件費(労務費)を除いた維持管理費用としては、水道料金と電気料金がある。年間水道使用量は、雨水が有効に利用されていることからかなり少なく、植物への灌水(灌水回数は3回で約24m³ - 約156ℓ/m²年)と水辺域への補給水(17.6 m³)を併せると約41.6m³になった。当事業所では約32400円/年の支払い金額に相当する。また電気料金は、約80000円/年程度(25円/kwhで試算)となり、そのうちの大半を揚水ポンプの稼働が占めることになる。したがって同屋上ピオトープでは、人件費を除いた維持管理費用は概ね700円/m²年程度と試算される。

なお図-7は、水辺域への補給水量を示したものである。水辺域の日平均蒸散量(水位換算)は約2.5mm/日、日最大蒸散量(水位換算)は約6mm/日になった。こういったデータは、水辺域の設計時に有効に利用することができる。

§7. おわりに

大都市域に生物層豊かな屋上ピオトープを実現するための設計・施工・維持管理技術について述べるとともに、その効果について検証した。的確なコンセプトで設計・施工・管理された屋上ピオトープでは、短期間で多くの生物の出現・飛来・定着が期待できるということが明らかになった。

<参考文献>

- 1) (財)日本自然保護協会監修：“指標生物(自然をみるものさし)”，平凡社、1994年。
- 2) 亀山章編：“生態工学”，朝倉書店、2002年。