

市街地ビル屋上における小ビオトープの形成に関する実証的研究

Practical studies on the formation of small type biotops on the building roofs at the city

養父志乃夫*・中島敦司*・山田宏之**・中尾史郎*

Shinobu YABU*, Astushi NAKASHIMA*, Hiroyuki YAMADA** and Shiro NAKAO*

Abstract : We created the small type biotop on the building roof for the experiment at Itabashi ward, Tokyo. The biotope was composed of shallow pond, marsh, bank and shrubbery. And it was planted three species of aquatic plants at pond and marsh, and five species of fruit and flowering trees at shrubbery. The bank was made by vegetation blocks stripped from *Miscanthus sinensis* and *Inperata cylindrica* meadow at Higashimatsuyama city, Saitama Prefecture. As a result, wild scenery with diverse over forty species of wild plants was formed on the building roof; the vegetation of *Cyperus iria* and *Cyperus difformis* at the marsh, *Typha orientalis* in the pond. Five species of dragonflies flew and established at the biotope. *Aquarius paludum* and *Papilio xuthus* were the same. In addition, five species of birds and some species of insects involving butterflies and grasshoppers flew into the biotope. These results are considered that the ecosystem based on feed chains was formed on the building roof in the city.

Keywords : Biotop, Building roof, Center city

1 はじめに

わが国の大都市では、近年、極度な過密化によって、ヒートアイランド現象の発生や空気中のCO₂の増加、さらには緑地面積の減少など、生活環境や自然生態系への負荷が急増している。しかし、稠密に発達した市街地では、これらを抑制するために、緑地面積を拡大することは不可能に近い。一方、用途地域内における緑化可能な屋上面積は、名古屋市の3,926haを筆頭に、横浜市と東京都23区で、それぞれ3,321haと3,560haに上り、主要都市11箇所で合計25,600haに達する¹⁾。このため、これらの屋上空間を、都市気候の緩和や緑地等に活用することは、環境に配慮した共生型都市づくりの重要な課題と考えられる。

このような社会的背景から、荷重制限を受け、地上とは不連続で異った環境条件にあるビルやマンションの屋上を対象に、立地特性に適合した緑化技術が開発されてきた^{2), 3)}。近年、地上の緑地では、環境教育に対するフィールドの提供に加え、自然生態系に及ぼす人間活動の影響を軽減するため、生態系の保全やビオトープの創出技術の開発が進められている^{4~6)}。これまでの屋上緑化に関する知見では、屋上における小規模なコンテナ緑化によるトンボ誘致の有効性が認められているほか⁷⁾、施工から数年経過した屋上緑地の生物相調査が行われている⁸⁾。しかし、屋上緑地に成立した生態系の保全やビオトープの創出技術の開発についてはほとんど検討されていない。このため、今後は、屋上緑地についても、これらの技術を開発することにより、生態系保全や自然観察等に有効な都市緑地として活用することが考えられる。都心の屋上は、地上での激しい往来や利用過密な地上の緑地と隔絶されている。したがって、屋上のビオトープは、地上の緑地等へ生物を供給するリザーブとして育成することも検討される。

そこで、本論では、市街地の2階建てと5階建てのビル屋上に沼と植栽地を備えたビオトープを設置し、

* 和歌山大学システム工学部 Faculty of Systems Engineering, Wakayama Univ.

** (財)都市緑化技術開発機構 Organization for Landscape and Urban Greenery Technology Development

植生と動物種を追跡調査した。これらの結果をもとに、ビル屋上での生物の誘致と定着、生態系の形成に関する可能性を把握し、ビオトープネットワーク上の中継点としての有効性を検証した。なお、本実験の一部は、日本放送協会科学番組「トンボを街に呼びもどせーエコアップに挑戦した4年間ー」(1996年4月29日)で放映された。

2. 実験方法

東京都板橋区前野町にある高さ13.4mの3階建てビルのうち、地上8.7mの高さにある総面積7.8m×7.8mの2階テラス屋上に実験地をおいた(図1, 2)。実験地の面積は、7.8m×3.9m(30.42m²)であり(図2)、屋上床の総設計荷重は、800kg/m²である。1995年6月7～8日、実験地に対して土壌厚が約30cm前後となるよう軽量人工土壌を搬入し、沼、土手植物群落植栽地、果樹植栽地、花木植栽地に区分けした。この人工土壌の商品名は「α・ベース」、自重は、0.85kg/m³である。実験地の詳細な形状は後述するが、その加重は最大でも250kg/m²であった。沼と土手植物群落植栽地の面積は、いずれも10m²、果樹植栽地、花木植栽地は、いずれも5m²とした。屋上基礎基盤と人工土壌とのあいだには、0.3mm厚防根用シート使用した。

沼を形成するために、まず、対象区画の人工土壌を掘り上げ、周囲へ積み上げるにより窪地を形成した。つぎに、最下層の防根用シートの上に、遮水用に0.3mm厚農業用シートを敷き、その上に市販の火山灰黒色土(黒ボク)を3cmの厚さで敷き均した(写真1)。また、沼の水深は、最大20cm、概ね10～15cmの浅

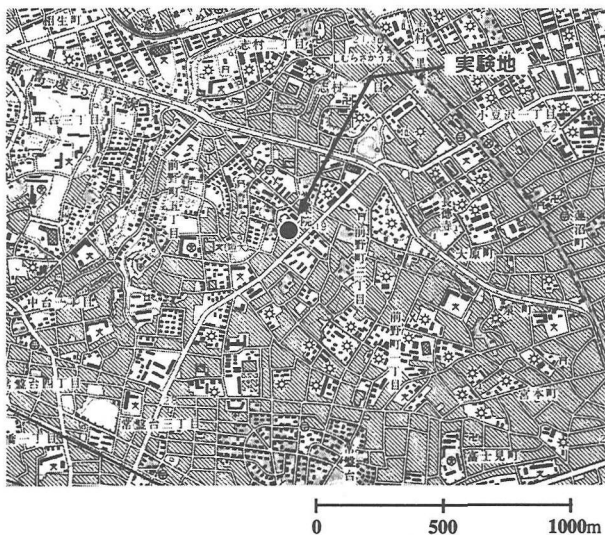


図1 実験地の場所(国土地理院1/2500地形図より抜粋)

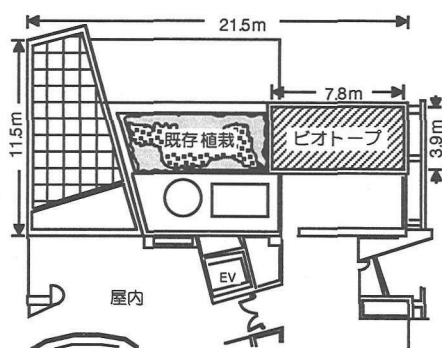


図2 2F屋上に設置されたビオトープの位置図

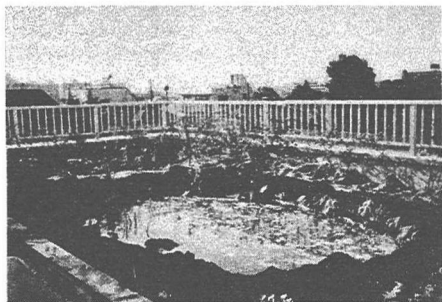


写真1 沼の造成過程
(1995年 東京都板橋区)

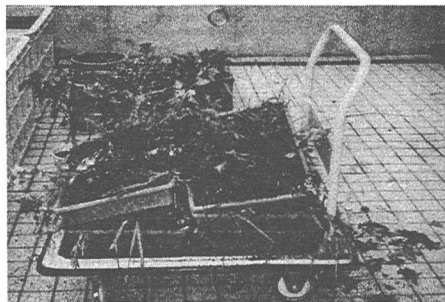


写真2 土手植物群落形成用の土手マット
(1995年 東京都板橋区)

底とし、水際には水深0～0.5cm程度の湿地を形成した。沼に対しては、別途、タンクに貯水しておいた雨水を、ビニールホースによって、ほぼ満水になるまで導水した。

沼の植栽は、抽水植物群落を形成させるために、セキショウの3芽立ちポット苗を沿岸に点在させ、55cm×21.5cm×18cmのポリプロピレン製プランター3個に、それぞれ、3芽立ちのショウブのポット苗を3株ずつ植え付け、沿岸の土中に埋め込んだ。また、沈水植物群落を形成させるために、ノタヌキモの全長10cmの栄養茎を10本水中に蒔いた。さらに浮葉植物群落を形成させるために3芽立ちのヒメスイレンのポット苗1株を水底に埋め込んだ。本論でいう3芽立ちとは、1ポットの中に3本のシュートが成立した状態を示す。

土手植物群落植栽地には、実験地と同じ水系にある埼玉県東松山市内のススキチガヤ草地から採取した自生種の根茎を含む表土（土手マット）を使用した（写真2）。土手マットの大きさは、1枚当たり約40cm×約30cm、厚さ約10cmである。植栽密度は、1㎡当たり土手マット3枚であり、これらを人工土壌中に植付けた。植付けに際しては、土手マットの表面が周囲の人工土壌面と同レベルとなるよう配慮した。果樹植栽地に対しては、樹高40cmのサンショウ、ミカン、キンカン、ナツグミのポット苗を使用し、植栽密度は、50cm×50cm当たり1株とした。各種ともに植栽本数は10本、総植栽株数は40本である。花木植栽地に対しては、樹高80cmのハナヅノツクバネウツギのポット苗を使用し、植栽密度は果樹と同様とし、合計20株を植え付けた。

管理は、植生管理と水位調整にわかれる。植生管理のうち、土手植物群落に対しては、実験開始2年目の1996年6月と8月中旬に草刈りを実施した。また、果樹や花木植栽地については、それらの枝葉が土手植物群落や沼に展開しないよう、適宜、枝を刈払った。土手植物群落、果樹等の刈屑は、すべて敷地外処分した。草刈りと同時期の1996年6月と8月、水中に繁茂したノタヌキモ、アオミドロを、適宜、抜き取った。この除草に際しては、茎葉に付着したトンボ類の幼虫等を沼の水で洗い出したあと、抜屑を敷地外処分した。沼の水位については、年度の違いを問わず、8月に3回、9月に1回の計4回、別途、貯水しておいた雨水を導水することによって調整した。他期は、雨水による自然補水に依存できた。

なお、これまでに述べた実験とは別に、中層ビルに該当する5階屋上での補足実験を実施した。この実験では、1995年6月5日、東京都板橋区保健所5階屋上に、リスPC製コンテナ114cm×70cm×20cmを使用し、湿地2個、果樹植栽地1個を設定した。2つの湿地コンテナの水底には、市販の荒木田土を3cmの深さに達するまで敷き均し、水底には水生植物植栽用の55cm×21.5cm×18cmのポリプロピレン製プランターを2個搬入し、植栽土として、先と同じ荒木田土を使用した。水生植物には、ショウブ、カキツバタ、ヒメスイレンを採用し、これらのポット苗を1プランター当たり2株ずつ植栽した。また、果樹植栽地のコンテナには、植栽土として練馬産火山灰赤色土を満杯になるまで敷き均し、ムラサキシキブ、サンショウ、キンカン、ラズベリーの樹高60cmのポット苗を2株ずつ等間隔に植え込んだ。実験開始後、湿地には随時、補水し、果樹植栽地に対しては、必要に応じ灌水と除草を行った。

3. 調査方法

3. 1 植生

土手植物群落と沼沿岸の湿地を対象に、ブロンーブロンケの植物社会学的調査法を用いて追跡調査を行った。土手植物群落については、1995年8月29日、No. 1からNo. 3までの計3箇所にそれぞれ200cm×50cmの調査用の方形区（以下、方形区のことをコードラートと呼ぶ）を設置し、この日と10月26日に、計2回の追跡調査を実施した。さらに、1996年には、No. 4の1箇所を追加することにより、調査用のコードラート計4箇所とし、6月30日、8月13日、10月5日の計3回、追跡調査を実施した。なお、No. 3では8月調査を省略した。これは、出現種の構成が、No. 2、No. 4とほぼ同じであったことによる。一方、沼沿岸の湿地については、1996年6月30日、調査用コードラートを2箇所（1箇所当たり50cm×30cm）設置し、この日と8月13日、10月5日の計3回追跡調査を実施した。補足実験ではつぎに示す主な生物種とトンボ幼虫の調査だけを行い、

植生調査を実施しなかった。

3. 2 主な動物種

鳥類, チョウ, アメンボ, バッタ類を中心とした主な生物種を対象に, 1996年4月5日から9月13日までの約5箇月間, 延べ41回にわたり, 午前9時30分から10時00分に, 出現種を目視同定した。調査に際しては, 周囲約1mの位置から実験地を注視することにより, 生物の静止位置や飛来位置を確認し, 飛散しないよう接近し, 種を同定した。トンボの調査は, 1995年と1996年の2箇年にわたる。このうち1995年については, 7月29日から10月23日までに延べ19回, 1996年においては, 5月24日～10月5日までに延べ15回, 主な生物

表1 土手植物群落の構造

コード番号	No.1						No.2						No.3						No.4					
調査年	1995年			1996年			1995年			1996年			1995年			1996年			1995年			1996年		
調査月	8月	10月	6月	8月	10月	6月	8月	10月	6月	8月	10月	6月	8月	10月	6月	8月	10月	6月	8月	10月	6月	8月	10月	6月
草本層高さ (cm)	70	150	70	90	80	80	80	120	70	80	50	60	80	80	90	80	80	90	50	60	90	50	60	90
草本層植被率 (%)	65	80	65	80	80	75	78	65	80	75	65	80	65	95	80	80	80	90	80	75	90	80	75	90
サガヤ	2・3	2・2	1・2	2・3	3・4	3・3	3・3	2・2	2・3	2・2	3・3	3・3	3・4	3・4	3・3	3・3	3・4	3・3	3・3	3・3	3・3	3・3	3・3	3・3
ヨモギ	2・2	2・2	2・3	2・2	2・2	1・2	2・2	3・3	3・3	3・4	2・2	3・3	3・3	3・3	2・2	3・3	2・3	3・3	3・4	3・3	3・4	3・3	3・4	3・4
ノコンギク	3・3	2・3	2・2	3・4	3・4	2・3	3・3	2・3	3・3	3・4	2・3	3・3	3・3	3・4	+1	1・2	2・2	2・3	2・2	2・3	2・2	2・3	2・3	2・3
ナシロイタゴ	1・2	2・3	2・2	2・2	3・3	2・3	2・3	2・3	2・3	1・1	1・1	+1	1・1	+1	2・3	1・1	2・3	1・1	2・3	1・2	1・2	1・2	1・2	1・2
ススキ	2・3	3・3	2・3	1・2	1・2	2・2	2・3	1・2	2・2	1・2	2・2	1・2	+1	+1	1・2	3・4	1・2	2・2	1・2	1・2	2・2	1・2	1・2	1・2
メシバ	.	+1	+	2・3	1・2	3・4	1・2	1・2	2・2	2・2	3・3	1・1	2・2	1・1	1・1	2・2	1・1	1・1	2・2	1・2	1・2	1・2	1・2	1・2
トゲシバ	.	2・3	3・3	3・3	3・3	.	1・1	+1	1・2	2・2	.	2・2	2・2	1・2	1・2	2・2	1・2	1・2	2・2	1・2	1・2	1・2	1・2	1・2
カタバミ	.	+1	+1	+1	+1	+1	+	+1	+1	+1	+	+1	+	+1	+	+1	1・2	1・1	+	+1	+1	+1	+1	+1
アスゲ	1・2	1・1	1・2	1・2	2・2	.	.	.	.	1・2	2・2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
アレチマヨイグサ	1・2	2・3	2・2	+1	1・2	.	+1	.	.	.	.	.	.	.	+1	+1	+	+	1・2	.	.	.	.	.
ミナハツナギサ	+	1・2	1・2	2・2	2・2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ヌルデ	+1	1・2	1・2	+1	1・2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
イヌホトズシ	+1	+1	+1	+1	1・2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
アキスノコログサ	1・2	+	+	+	+	1・2	.	.	.	.	.	.	.	.	1・2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
クマイチソウ	.	+1	+1	+1	+1	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
アズマナギサ	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+1	+1	+1	+1	.	.	.	.	.	.
セイヨウオトコソバ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
フククサ	.	.	1・1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1・2	+1	1・2	1・1	1・2	1・2	1・2	1・1	1・1	1・1
チトメグサ	.	.	.	.	.	1・1	+1	+1	+	+	.	.	.	.	+1	2・2	+1	+	1・1	1・1	1・1	1・2	1・2	1・2
ヒメジョオン	.	.	.	.	.	1・2	2・2	2・2	1・1	+1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ヤブガラシ	.	+	.	.	.	2・2	+1	1・2	2・2	3・4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
イシメシ	.	.	.	.	.	1・2	1・1	1・2	1・2	1・1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
オニタビラコ	.	+	.	.	.	1・1	+1	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ヘビイチゴ	.	.	1・2	.	.	+	+	+1	+1	+1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ヒメムカゴヨモギ	.	.	1・2	.	.	.	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
イヌタデ	.	.	.	.	.	.	+1	+1	1・2	+1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
オオイヌタデ	.	.	.	.	.	+1	+1	+	1・1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
コゴメグサ	.	2・2	.	.	.	.	+1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ハルジオン	.	1・1	.	.	.	+1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
オオイヌノテグサ	.	+1	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
クワグサ	.	+1	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
チヂコグサ	.	+1	.	.	.	.	1・2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ヤブシラミ	.	+	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ハハコグサ	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
チヂコグサ	.	+	.	.	+	+	+1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ナズナ	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ムクナギ	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ヌカキビ	.	.	.	.	2・2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ノグシ	.	.	.	.	+	1・1	1・1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
スベリヒユ	.	.	.	.	.	+1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
アゼナ	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
マフハイ	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ベニバナオボロギク	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
タチツボスミレ	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
タネツクバ	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ミミナグサ	.	.	.	.	.	+	+1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ウリグサ	.	.	.	.	.	+	+1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
コシキソウ	.	.	.	.	.	+1	+	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	+	.	.
ヒヂリコ	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ヤクシソウ	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
スズメノヤリ	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
マダラ	.	.	.	.	.	.	+	+1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
クギイ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ヨウシュエマゴボウ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
キツネアザミ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
シロツメクサ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
イヌビエ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
クズ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
オニドコロ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
セイタカアワダチソウ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
オトギリソウ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

(1995年, 1996年 東京都板橋区)

4. 2 主な動物種

(1) 鳥類

確認された鳥類は、カワラヒワ、スズメ、キジバト、シジュウカラ、ヒヨドリ、メジロの6種であり、どの種も沼で採水、水浴びをした。また、カワラヒワ、スズメ、キジバトは、土手植物群落で草本種子を採餌した。

(2) チョウ、アメンボ、 バッタ類

確認された昆虫類は、水生のものでは、ナミアメンボ、ゲンゴロウsp.、陸生のものでは、ナミアゲハ、モンシロチョウ、ヤマトシジミ、ツユムシsp.、オオカマキリなどである。

このうち、ナミアメンボについては、5月2日から9月11日まで、沼の水面において最多で50頭を越える個体が観察され、しかも、6月14日以降、幼虫、成虫が混在していたことから定着している可能性が高い。ゲンゴロウsp.については、一時的な飛来の可能性がある。なお、ここで、生物種の定着とは、産卵から卵、幼虫を経て成虫に至る世代、または、それ以上の世代を経ることを指す。チョウ類のなかで、ナミアゲハは、サンショウ、キンカン

へ産卵し、モンシロチョウ、ヤマトシジミ等は、野生草花の花で吸蜜していた。ナミアゲハについては幼虫と蛹化を確認した。また、ツユムシsp.、オオカマキリは、いずれも幼虫であり、チガヤヤススキの葉群中に制止していた。これらの種は、卵越冬性で幼虫期は無翅であり⁹⁾、飛翔力に乏しい。また、いずれの種も実験開始2年目に初めて確認された。このため、実験地造成時に土手マット等に混入して侵入した可能性は低い。したがって、これらの種が外壁を這い上がって屋上まで達したか、強風に煽られて地上から屋上に達

表3 チョウ類、バッタ・カマキリ類、アメンボ等の飛来状況

月日	鳥類	チョウ類	アメンボ	その他
4月5日	カワラヒワ8頭 スズメ2頭			
4月12日	カワラヒワ1頭			
4月13日	カワラヒワ2頭 キジバト1頭			
4月15日	カワラヒワ1頭 スズメ3頭 シジュウカラ1頭			
4月17日	カワラヒワ2頭 スズメ1頭 キジバト1頭			
4月19日	カワラヒワ3頭			
5月2日			ナミアメンボ 2頭	
5月7日			ナミアメンボ 2頭	
5月8日			ナミアメンボ 3頭	ゲンゴロウsp. 2頭
5月17日	ヒヨドリ1頭			
5月27日	スズメ1頭		ナミアメンボ 2頭	
6月1日	スズメ2頭			
6月1日		モンシロチョウ1頭		
6月1日			ナミアメンボ 2頭	
6月3日	スズメ2頭		ナミアメンボ 3頭	
6月6日			ナミアメンボ 1頭	
6月14日			ナミアメンボ 30頭	
6月16日		ナミアゲハ1頭	ナミアメンボ 17頭	
6月19日		ナミアゲハ1頭	ナミアメンボ 55頭	
6月20日			ナミアメンボ 40頭	
6月21日			ナミアメンボ 41頭	
7月5日		ナミアゲハ1頭		
7月6日	スズメ1頭			
7月8日			ナミアメンボ 10頭前後	マハナバチ吸蜜
7月9日			ナミアメンボ 10頭	
7月11日			ナミアメンボ 10頭前後	
7月24日			ナミアメンボ 10頭前後	
7月25日		ヤマトシジミ1頭	ナミアメンボ 10頭前後	
7月29日			ナミアメンボ 3頭	マハナバチ吸蜜
7月30日		ナミアゲハ終齢・終齢幼虫	ナミアメンボ 10頭	オオカマキリ幼虫1頭 ツユムシsp. 幼虫1頭
8月13日		ナミアゲハ終齢・終齢幼虫	ナミアメンボ 10頭前後	
8月16日		ナミアゲハ蛹化	ナミアメンボ 10頭前後	
8月17日			ナミアメンボ 10頭前後	
8月22日	メジロ1頭吸蜜		ナミアメンボ 10頭前後	
8月23日	キジバト1頭	ヤマトシジミ吸蜜	ナミアメンボ 10頭前後	
8月26日			ナミアメンボ 10頭前後	オオスカシバ 1頭吸蜜
9月1日			ナミアメンボ 10頭前後	オオスカシバ 1頭吸蜜
9月4日		イモシロセリ3頭	ナミアメンボ 10頭前後	
9月9日		イモシロセリ1頭	ナミアメンボ 10頭前後	オオスカシバ 1頭吸蜜
9月11日		ナミアゲハ若齢幼虫 ヤマトシジミ1頭	ナミアメンボ 10頭前後	オオスカシバ 1頭吸蜜
9月13日				オオスカシバ 1頭吸蜜

(1995年, 1996年 東京都板橋区)

* 鳥類は、主として果樹及び花木、土手植物群落への飛来
 ** ヤマトシジミ、モンシロチョウ、イモシロセリ、オオカマキリ、ツユムシsp. は、主に土手植物群落への飛来
 *** ナミアゲハ幼虫及びその蛹化は、キンカン、キンヨウで確認
 **** トンボ成虫は、沼沿岸の湿地及び沼の水面
 ***** オオスカシバ、マハナバチは、花木への飛来
 * いずれも9:30~10:00の間に確認された種、個体数

表4 トンボ類幼虫の定着状況

6月30日			8月13日			10月5日		
種名	齢期	個体数*	種名	齢期	個体数	種名	齢期	個体数
オオカマキリ	n-1~n-3	10.5	オオカマキリ	n-1	2.6	オオカマキリ	n-1~n-3	1.6
ツユムシ	n-1	5.3	キンヤマト	n-2~3	1.0	キンヤマト	n-2~3	0.1
ヤマトシジミ	n-1	4.6				ウスバトンボ	n-1	0.1

(1996年 東京都板橋区)

※ n- : 成虫までの齢期。* : 50m²×50m²当たりの幼虫の個体数
 いずれも9:30~10:00の間に確認された種、個体数

した可能性がある。

風による個体群分散は、アザミウマやクモ、ハダニ類等で確認されている¹⁰⁻¹¹⁾。

(3) トンボ類

表4～5に示したように成虫と幼虫を合わせ、アジイトンボ、シオカラトンボ、ギンヤンマ、アキアカネなど、計6種が確認された。なお、幼虫が生息する沼の7月9日から9月25日までの水温は、最高36.0℃で平均29.7℃であった。

シオカラトンボについては、6～10月の調査で齢期を異にする幼虫が観察され、成虫が6～9月まで連続して飛来し、羽化殻や羽化直後の個体が確認されたことから、確実に定着しているものと判断された。また、アキアカネについても、幼虫、羽化殻、羽化直後の個体のほかに、成虫の産卵行動も確認された。本種の幼虫や羽化殻は、実験開始1年目の秋期に飛来した個体が産卵し、それらの卵から発生したものである。この点は、ノシメトンボについても同様であり、これらの年1化性で卵越冬する種の定着を裏付けている¹²⁾。

さらに、ギンヤンマについては、8月、10月の調査時に齢期を異にする幼虫を、8月には羽化殻を確認した。このため実験地は、ギンヤンマ雌の産卵と幼虫の成長、及び成虫の発生地として機能しているものと考えられる。しかし、成虫の縄張り形成やそれに伴うパトロール行動が観察されなかったことから、実験地は、規模のうえから、パトロールを伴う成虫雄の生息地として機能していない可能性がある。アジイトンボについては、一時的な飛来の可能性がある。また、ウスバキトンボについては、成虫、幼虫ともに実験地で確認された。しかし、本種は、本土では越冬できない種¹²⁾であり、夏期だけの定着種と考えられる。

一方、シオカラトンボは水面上で打水産卵し、アキアカネは、水際の泥水地上で打泥産卵する。また、ノシメトンボは湿地植物の上空から打空産

表5 トンボ成虫の飛来等の状況

調査年月日	1995年 成虫確認状況	月日	1996年 成虫確認状況
7月29日	ウスバキトンボ 1頭羽化	5月24日	アジイトンボ 2頭
7月30日	ウスバキトンボ 1頭飛来	6月6日	シオカラトンボ 1頭羽化
	シオカラトンボ 1頭飛来	6月7日	シオカラトンボ 1頭羽化
8月13日	シオカラトンボ 1頭飛来	6月8日	シオカラトンボ 1頭羽化
8月16日	シオカラトンボ 1頭産卵	6月30日	アジイトンボ 2頭縄張り形成
8月17日	シオカラトンボ 1頭飛来		シオカラトンボ 1頭縄張り形成
8月21日	シオカラトンボ 1頭飛来	7月1日	アキアカネ 1頭羽化
8月22日	シオカラトンボ 1頭飛来	7月15日	アキアカネ羽化殻 1頭
	シオカラトンボ 1頭飛来	7月24日	アキアカネ 2頭羽化
8月24日	シオカラトンボ 1頭飛来	7月25日	アキアカネ羽化
8月25日	シオカラトンボ 1頭飛来	7月26日	アキアカネ 1頭羽化
8月26日	シオカラトンボ 1頭飛来	8月9日	ウスバキトンボ 1頭産卵
9月3日	シオカラトンボ 1頭飛来	8月10日	シオカラトンボ 1頭縄張り形成
9月6日	シオカラトンボ 1頭飛来	8月13日	シオカラトンボ 1頭縄張り形成
	シオカラトンボ 1頭産卵		ギンヤンマ 4頭羽化殻
9月11日	シオカラトンボ 1頭飛来	10月5日	アキアカネ 1組連結打泥産卵
9月13日	シオカラトンボ 1頭飛来		
9月25日	アキアカネ数頭飛来		
9月26日	アキアカネ数頭飛来		
10月9日	アキアカネ数頭飛来		
10月23日	アキアカネ数頭飛来		

(1995年, 1996年 東京都板橋区)

* いずれも9:30～10:00の間に確認された種、個体数

表6 主な生物種の飛来等の状況(5階屋上, 1995年)

調査年月日	1995年 湿地コンテナ	果樹コンテナ
6月27日	アジイトンボ 飛来	アキアカネ産卵
7月2日	シオカラトンボ 1頭産卵 アジイトンボ 羽化殻3個 ウスバキトンボ 幼虫多数	クロアゲハ幼虫十数頭 スジクロアゲハ幼虫1頭 アキアカネ10数頭 アキアカネ幼虫終齢、アキアカネ産卵 アキアカネ幼虫4頭 アキアカネ卵1個孵化 スジクロアゲハ幼虫2頭
7月5日		
7月8日		
7月14日	アキアカネ sp. 1頭飛来	
7月21日	アキアカネ 1頭飛来	
7月22日	アジイトンボ 幼虫4頭 ウスバキトンボ 幼虫多数	
7月28日	アジイトンボ 幼虫9頭	
8月1日	アジイトンボ 2頭羽化	アキアカネウシ、ヤマトジミ飛来
8月2日	アジイトンボ 1頭羽化	
8月3日	ウスバキトンボ 幼虫多数 アジイトンボ 1頭羽化 ウスバキトンボ 幼虫多数	
8月5日		
8月7日		アキアカネ幼虫3頭、成虫産卵
8月8日	ウスバキトンボ 3頭羽化	
8月10日	ウスバキトンボ 幼虫多数	
8月16日	シオカラトンボ 2頭飛来	
8月17日	シオカラトンボ 1頭飛来産卵	
8月19日	ウスバキトンボ 1頭羽化	
8月22日	ウスバキトンボ 2頭羽化 ウスバキトンボ 幼虫多数 シオカラトンボ 弱齢幼虫	
8月23日	ウスバキトンボ 2頭羽化	
8月24日	ウスバキトンボ 1頭羽化	
8月25日	ウスバキトンボ 2頭羽化	
8月29日	シオカラトンボ 1頭飛来 ウスバキトンボ 3頭羽化	
8月30日	シオカラトンボ 1頭飛来	
9月1日	シオカラトンボ 1頭飛来	
9月2日	ウスバキトンボ 1頭羽化 シオカラトンボ 1頭飛来	
9月7日	アキアカネ成虫1頭飛来	
9月8日	アキアカネ成虫1頭飛来	
9月14日		アキアカネ幼虫17頭
9月21日		アキアカネ幼虫11頭(終齢5頭)
10月4日	ウスバキトンボ 3頭羽化	アキアカネ幼虫2頭確認
10月7日	アキアカネ 1頭飛来	
10月11日	ウスバキトンボ 2頭羽化	アキアカネ幼虫4頭
10月14日	ウスバキトンボ 1頭羽化	アキアカネ幼虫8頭
10月25日	ウスバキトンボ 1頭羽化	アキアカネ幼虫終齢6頭

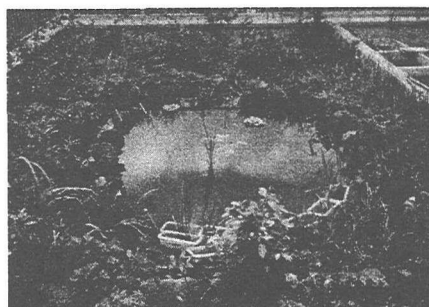
(1995年 東京都板橋区)

* いずれも9:30～10:00の間に確認された種、個体数

表2 湿地植物群落の構造

コドラート番号 調査年 調査月 草本層の高さ (cm) 草本層の植被率 (%)	No. 1 1996年			No. 2 1996年	
	6月	8月	10月	8月	10月
	30	50	60	50	50
	15	45	55	10	40
タマガヤツリ	+1	1・2	2・3	1・2	2・3
コゴメガヤツリ	+1	3・3	2・2	2・3	2・3
ヒメジョオン	+1	+1	2・2	+1	+1
アゼナ	1・2	2・2	2・2	+	1・1
ハリイ	+	+1	+1	+1	+
テンツキ	・	2・2	2・2	1・2	1・1
ヤナギタデ	・	+	+1	1・1	1・1
メヒシバ	・	+	+	+	1・1
コケオトギリ	+1	+1	+1	・	・
コウガイモ	2・2	1・2	+1	・	・
チゴザサ	・	1・2	2・2	・	・
ヨモギ	・	+	1・1	・	・
カタバミ	・	・	+1	・	+
イヌビエ	+	・	・	・	・
トクソウ	・	+	・	・	・
セイタカアワダチソウ	・	+	・	・	・
ハハコグサ	・	・	+	・	・
コンギク	・	+	・	+	+
タネツケバナ	・	・	・	+1	+1
ヒナガヤツリ	・	・	・	+1	+
スガシタゴボウ	・	・	・	+1	+
ハハコグサ	・	・	・	+	+
オニタビラコ	・	・	・	+	+
セイヨウハッカ	・	・	・	・	1・1
チガヤ	・	・	・	・	+
ヒメムカンヨモギ	・	・	・	・	+

(1996年 東京都板橋区)

写真3 造成2年後の状況
(1996年 東京都板橋区)

種に準じ調査を実施した。鳥類等の主な生物種とトンボの調査実施日は、それぞれ、表3に示した。補足実験においてもこれらの方法に準じて追跡調査を行った。調査の期日については、4. 結果と考察の項で併記した。なお、1995年に限り、生物種の連続調査と並行して沼の水温の調査を実施した。測定は、水深約5cmの位置、測点は3箇所とした。

3. 3 トンボ幼虫

1995年については、7月29日、8月29日、10月26日の3回、水網を用いて沼中の幼虫を無作為に捕獲し、種だけを同定した。1996年には、沼に50cm×50cmのコドラートを5箇所設置し、6月30日、8月13日、10月5日の計3回、水底及び水中の水生植物の茎葉に潜む幼虫を網目1mm前後の小形水網で捕獲し、種を同定して個体数を算定した。

4. 結果と考察

4. 1 植生

(1) 土手植物群落

土手マットにより導入した土手植物群落の優占種は、表1に示したように、チガヤ、または、ヨモギ、ノコンギクである。この群落は、概ねチガヤ・ヨモギ群落として整理された。草丈と植被率は、それぞれ、50~100cmと65~95%の範囲にあった。構成種数は、30~50前後であり、大半は、農地等の土手を構成する種であった。また、ノコンギク、ナワシロイチゴ、カタバミ、ミツバツチグサ、ヘビイチゴ、イヌタデなどが、時期を違えて着花し、野趣ある植生景観を形成した(写真3)。なお、各コド

ラートの共通主要構成種は、ナワシロイチゴ、ススキ、メヒシバ、トダシバ、カタバミ、アオスゲである。他の主要構成種は、コドラートNo. 1ではアレチマツヨイグサ、ミツバツチグサ等、No. 2~4では、No. 1とは異なり、ヒメジョオン、ヤブガラシ等である。この原因が、導入時の構成種の違いによるものか、土湿等の植栽地の環境条件に依存したものかについては、今後の課題である。

(2) 湿地

沼の沿岸に位置する湿地では、実験開始2年目において、コゴメガヤツリ、または、タマガヤツリが優占する群落が形成された。この群落の草丈は、30~60cm、植被率は、15~55%前後であった。主要構成種は、優占種のほか、アゼナ、テンツキ、ヒメジョオン、ハリイ、チゴザサ、コケオトギリ等である。これらの種は、大半が、休耕田や開放的な湿地を選択する種である。種子供給は、周辺からの風による散布のほか、隣接して埋め込んだ土手マットや水底に搬入した火山灰黒色土によるものと考えられる。

(3) 水中

写真2に示したように試験開始2年目の1996年6月には、ヒメガマの定着が認められた。6月から8月に芽数が増加し、調査最終期の10月での最大草丈は、75cm、水面全体での植被率は10%、芽数は全体で13に達した。

卵する種である¹²⁾。これらの種の定着は、屋上での開放水面や植物群落が成立した湿地、ならびに泥水地の形成効果を示している。また、ギンヤンマは、水際の抽水植物等の植物組織内に産卵する種であり¹²⁾、本種の定着は、水際での湿地帯の形成と植物群落成立の効果を示すものと考えられる。

さらに、補足実験とした5階屋上での鳥類、アメンボを除く生物種の飛来状況は、表6、7に示したように、2階屋上での実験結果とほぼ同様であった。このうち、産卵、幼虫、羽化、羽化殻を観察したシオカラトンボ、アキアカネ、ノシメトンボ、ナミアゲハについては、確実に定着しているものと判断される。また、この実験地においてもバッタ類のコバネイナゴがコンテナ設定後2年目秋期に確認された。2階屋上と同様に、飛翔力に乏しいバッタ類の分散様式の解明は、今後の課題である。

なお、5階屋上ではギンヤンマが飛来、定着しなかった。また、アメンボについてもわずかな個体にとどまり、鳥類は確認されなかった。これは、開放水面や抽水植物群落、植え込み等の面積の大小に依存しているものと考えられる。これらの補足実験の状況については、写真4に示したとおりである。

5. まとめ

本論では、都市の屋上におけるビオトープ形成の可能性を明らかにするため、実証実験をおこなった。その結果、屋上でもビオトープの基盤となる植生や水域の整備によって動物類の飛来、定着が認められ、食物連鎖を基礎とした生態系が形成することが明確となった。これらの結果は、次のように整理される。

5. 1 植生の形成

土手マットの導入は、土手植物群落の早期形成に有効であった。これによって40種を越える植物種が定着し、野生草花の着花による野趣ある植生景観が形成された。湿地では、コゴメガヤツリ・タマガヤツリ群落、沼では実験開始2年目から、ヒメガマが定着し、抽水植物群落の形成が期待された。

5. 2 動物類の飛来、定着状況

植生基盤と水域の形成によって、地上から離れた屋上でも、鳥類ではカワラヒワ、シジュウカラ等の6種が飛来し、トンボではシオカラトンボ、アキアカネなど5種が定着した。また、ナミアメンボ、ナミアゲハ、ヤマトシジミ、オオカマキリなどが飛来し、ナミアメンボ、ナミアゲハが定着した。これらの生物種の定着、

表7 主な生物種の飛来等の状況(5階屋上、1996年)

調査年 月日	湿地コンテナ	果樹コンテナ
4月17日	シオカラトンボの羽化殻多数	
4月26日		ナミアゲハ幼虫
5月11日	シオカラトンボの羽化殻3個	
5月16日	シオカラトンボ 1頭羽化	
5月18日	ノシメトンボ 1頭羽化	
5月21日	シオカラトンボ 1頭羽化 コンテナ定着幼虫全数調査 シオカラトンボ 幼虫定着数256頭 ノシメトンボ 幼虫定着数 79頭	
5月26日	ノシメトンボ 1頭羽化	
6月1日		セグロシガバハ飛来
6月2日		ナミアゲハ幼虫
6月20日		ナミアゲハ幼虫
6月27日	ノシメトンボ 3頭羽化	
6月30日	ノシメトンボ 3頭羽化	
7月3日	ノシメトンボ 1頭羽化	
7月6日	ノシメトンボ 5頭羽化	
7月11日	シオカラトンボ 2頭羽化 ノシメトンボ 7頭羽化	
7月17日	ノシメトンボ 3頭羽化	
7月21日	ノシメトンボ 2頭羽化	
7月24日	ノシメトンボ 1頭羽化	
7月26日		ヤマトシジミ 1頭飛来
7月27日		ヤマトシジミ 1頭飛来
8月7日	シオカラトンボ 1頭羽化	
8月9日		ナミアゲハ飛来
8月17日		ナミアゲハ飛来
8月22日	シオカラトンボ 1頭羽化	
8月24日	ショウジョウトンボ ♂ 1頭飛来	
9月12日		コバネイナゴ 飛来
9月22日	アゲハイトトンボ 1頭飛来 アゲハイトトンボ 中個体飛来 アゲハイト 1対連結産卵	
9月29日	アゲハイト 1頭飛来	
10月3日	アゲハイト 1頭飛来	

(1995年、1996年 東京都板橋区)

* いずれも9:30~10:00の間に確認された種、個体数

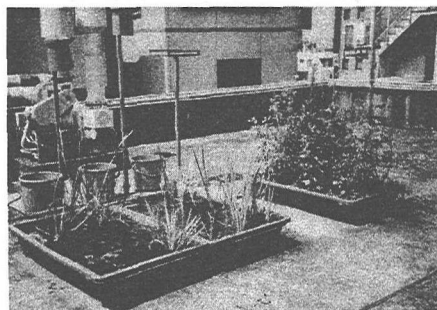


写真4 5階での実験の状況
(1996年 東京都板橋区)

飛来は、実験地内での食物連鎖を基礎とした生態系の形成を示唆するものである。しかし、本実験地の面積では、鳥類等の高次消費者の定着が困難であった。このため、生産者から三次消費者に至る拠点ビオトープを形成するためには、規模の拡大と環境構造の多様化が重要である。

5. 3 ビオトープネットワーク上の機能

確認された生物種は、実験地の植生や水域を生活環境の一部に利用し、つぎのビオトープへ移動する際の中継点として使用しているものと考えられる。また、シオカラトンボ、アキアカネ、ノシメトンボ、ナミアメンボなどの定着種は、実験地で発生を繰り返し、周辺へ分散することにより、地域生態系の食物連鎖のなかに組み込まれていくものと考えられる。

6. 謝辞

本論文の作成に際し、(財)都市緑化技術開発機構から研究補助金を受け、(財)日本放送協会から実験材料の提供や実験地設定作業に尽力いただいた。また、東京都板橋区保健所、板橋区立エコポリスセンターからは実験地を借用し、管理や現地調査に協力いただいた。関係各位へ記して謝意を表する。

7. 参考文献

- 1) 建設省：官民連帯共同研究，緑化空間創出のための基盤技術の開発報告書，pp.5-19，1995
- 2) (財)都市緑化技術開発機構：NEO-GREEN SPACE DESIGN Vol. 1，pp. 1-231，誠文堂新光社，1995
- 3) (財)都市緑化技術開発機構：NEO-GREEN SPACE DESIGN Vol. 2，pp. 1-231，誠文堂新光社，1996
- 4) 建設省：緑の政策大綱，pp. 1-36，1994
- 5) 養父志乃夫：生きものの生息環境を蘇らせる，ジャパンランドスケープ，Vol.27，pp.116-117，1993
- 6) 養父志乃夫：ビオトープづくりとその課題，都市公園，Vol.130，pp.13-23，1995
- 7) 養父志乃夫 他：自然環境復元の技術，朝倉書店，p156，1992
- 8) (財)都市緑化技術開発機構：特殊空間における生物相調査報告書，1994
- 9) 飛山千恵子：生物大図鑑昆虫Ⅰ，pp.370-373，世界文化社，1985
- 10) 東 昭：生物の飛行—その精微なメカニズムを探る—，pp.68-74，講談社ブルーバックス，1979
- 11) 江原昭三，真梶徳純：農業ダニ学，pp.133-186，全国農村教育協会，1975
- 12) 石田昇三，小島圭三ほか：日本産トンボ幼虫・成虫検索図説，p85，p114，p119，p127，東海大学出版会，1988