

# ホタルビオトープ創造技術

## —適用事例報告—

門倉伸行\* 遠藤登史光\*\* 村上順也\* 浜島良充\*\*\*

ビオトープの創生に当たっては、失われた自然の復元を目的に、メダカやトンボなどが生息できる空間づくりが行われているが、当社では数年前から失われた自然のシンボルともいえるホタルが棲める環境づくり「ホタルビオトープ」に取り組んでいる。ホタルビオトープはホタルの卵～羽化までの生育に適した土づくり、水づくりを通して「ホタルの棲める環境づくり」を行うものである。これまでの実績として、技術研究所のビオトープを始めとして、横浜市内の海洋関連公的機関、東京都庁都民広場、本社ロビーなど、種々の適用事例が完成している。本報告では、ホタルビオトープの特徴とともに、主な適用事例について施工状況、水質変化や生育状況の観察など、追跡調査の結果についてまとめる。

キーワード：ビオトープ，ホタル，土壌，水質，屋上緑化

## 1. はじめに

都市部では、ヒートアイランド現象に象徴される環境問題に対応するため、屋上緑化や壁面緑化などが進んでいる。また、本年6月に成立した景観緑三法により、指定区域内における一定面積以上の建造物に緑化が義務付けられ、今後緑化への取り組みがますます増加してくると思われる。これまでの都市部でのビオトープづくりは、失われた自然の復元、再生、創出を目的に、メダカやトンボなど、その地域に自生する動植物や希少動物などが生息できる環境づくりが行われてきた。

当社では、従来から都市開発や地域整備に当たっては、自然環境や生物が生息できる空間を復元、再生させることを実施しているなかで、失われた自然の象徴とも言えるホタルを指標生物にして、ホタルが棲めるビオトープづくりに数年前から取り組んでいる。ホタルの生息空間は、河川の水質悪化や農薬の影響のほか、都市化や農地の荒廃などによってますます減少の一步をたどっており、昔の身近な里山の再生を目指して、復活させたい小動物として最近注目を浴びている。

ホタル育成に関する研究は、従来ホタル自体の生態が中心であったが、ホタルの生育条件にはその餌となる貝（カワニナやモノアラガイなど）の生息が不可欠であり、ホタルビオトープの成立にもきわめて重要な役割を果たしている。ホタルビオトープでは、ホタルの卵～羽化まで、ホタルや餌となるカワニナが生息するに適した「水づくり」「土づくり」を基本に開発した技術である。本技術はグリーンパワー研究会が開発・特許<sup>1</sup>保有している技術であり、その技術協力のもと実施している。

\* 技術研究所 環境技術研究部

\*\* 建築事業本部ソリューション営業部（現 K&E）

\*\*\* グリーンパワー研究会

## 2. ホタルビオトープの特徴

### 2.1 ホタルの一生<sup>2</sup>

ホタルビオトープの特徴を理解してもらうために、最初にゲンジボタルを例にホタルの生態について説明する。

Fig.1 にゲンジボタルの一生を示す。

ゲンジボタルの成虫は、東京近辺では6月中旬から7月上旬にかけて溪流や小川などで発光しながら飛び交う。交尾をすませたメスは水辺の苔などに産卵する。産卵数は一匹あたり500から1,000匹程度である。産卵後平均25日程度で孵化が始まり、孵化した幼虫は水中に潜りそこでの生活を始める。ホタルのほとんどの種類が一生を陸上で過ごすのに対し、ゲンジボタル、ヘイケボタル、クメジマボタルの3種類の幼虫のみが水生である。

幼虫は、巻貝の一種であるカワニナの肉を溶かして食べる。一匹のゲンジボタルの幼虫が蛹（さなぎ）になるまでに、殻の長さが2mm～25mm程度の大きさのカワニナを24匹食べたという観察報告がある。また、カワニナは種々の原因で殻の直径が1mm大きくなるごとに60%づつ死んでいき、2年後には3%しか生き残れないという報告もある。さらに、幼虫は自分の体に合った大きさのカワニナしか攻撃できないため、ホタルの成長には膨大な数のカワニナの生息が不可欠である。カワニナは殻の成分が炭酸カルシウムであるので、カルシウムを多く含む水を好む。カワニナは雑食性であるが、一般的には珪藻類や枯れた葉、草を食べる。

幼虫は終齢になるまでおよそ10ヶ月で6回の脱皮を行う。産卵直後の幼虫（1齢幼虫）は1.5mm程度であるが、終齢幼虫では25mmにも成長している。終齢幼虫は4月中旬頃、蛹になるために岸辺に這い上がり、土の中に潜り、土で繭を作り蛹化する。幼虫は、上陸後約40日で蛹になる。蛹化して10日目程度で羽化が始まる。羽化した成虫はしばらく土まゆのなかで休み、3～4日経った後の夜に地上に這い出てきて、飛び立つ。

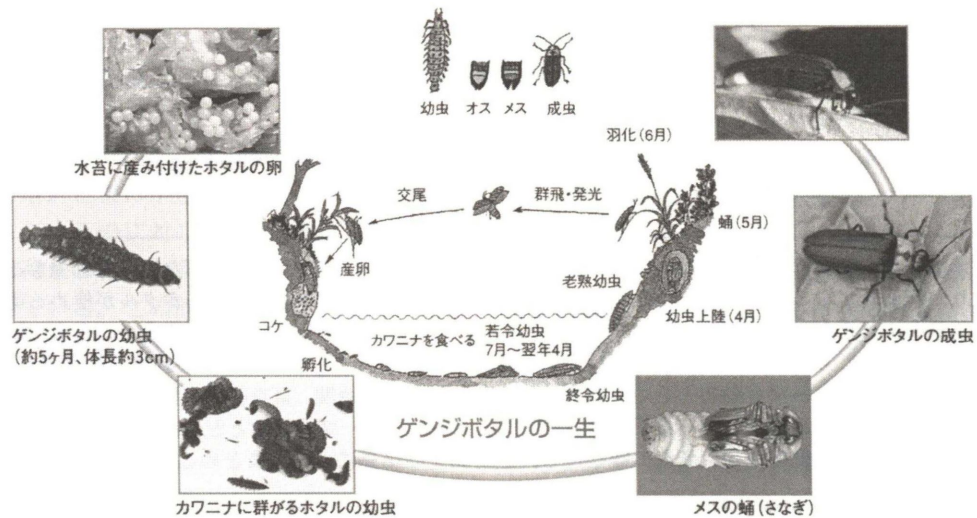


Fig.1 ゲンジボタルの一生

昆虫が卵から幼虫や蛹を経て成虫に形態的变化するのを「変態」というが、ゲンジボタルの場合はその意味から言うと「完全変態」を行う昆虫と言える。

## 2.2 ホタルの生息条件<sup>2)</sup>

ホタルの生息環境は、東日本や西日本という地域によっても著しく異なり、また「里山型」「溪流型」に分けることもあり、一律に明確な条件を示すことはできない。ただ、基本的な項目として水質的、物理的、生物的環境を Table1 に示す。

一方、ゲンジボタルの餌になるカワニナの生息条件は、流れが緩やかで水深が浅い所から、溪流の流れが速く瀬の部分まで幅広く生息している。他には石灰岩層があり、日当たりがよく、珪藻類など植物プランクトンが多い、さらには落葉樹が多く落ち葉が流れの中に多くある、あるいはセリなどの植物が茂っているなどの特徴を持っている。すなわち、捕食者のホタルの幼虫は、被食者のカワニナの生息圏の一部で生息していると言える。

Table 1 ホタル生息条件

水質的環境	<ul style="list-style-type: none"> <li>水温: 5~25℃程度</li> <li>PHは弱アルカリ、硬度が高い</li> <li>有機物およびアンモニア態窒素が少ない</li> </ul>
物理的環境	<ul style="list-style-type: none"> <li>水深は10~40cm程度、流速は10~40cm/sec程度</li> <li>底質は礫から泥状まで様々、地質は石灰岩層</li> <li>陸地は草で覆われ土の露出があまりなく、湿性植物が土の湿気を保持</li> </ul>
生物的環境	<ul style="list-style-type: none"> <li>水域に落葉広葉樹があり、落葉量は豊富</li> <li>メダカ、ホトケドジョウ、アユ等の魚類の生息</li> <li>カワニナ、モノアラ貝、タニシ等の貝類の生息</li> </ul>

## 2.3 ホタルビオトープの特徴

前項にて説明したように、ホタルや餌となるカワニナなどの生息には、ホタルの幼虫やカワニナなどが生息する「水」、および幼虫が陸上に移動したのち生活し蛹になるための「土壌」が重要であることがわかる。そこで、ホタルビオトープでは、ホタル育成用の用土に特徴をもたせ、

ホタルの育成に適した水質の浄化・保持と用土としての必要機能を持たせた。

すなわち、水路の路床は、水質の総硬度を上げるためのゴロタ石、水質浄化を図るための珪砂および花崗岩、水質浄化と有効微生物の培養を図るための備長炭、水質を弱アルカリに保持し有効微生物の培養を図るための珊瑚砂等を配合した路床形成素材で形成している。さらに、路床にはアナカリス等の水草、クレソン、セリ等を植生している。ただし、これらの植種は外来種であり、本来は該地域に自生する植生を利用するのが望ましいのは言うまでもない。これは放流するホタルの幼虫についても同様で、該地域に生存するホタル成虫あるいは採取した幼虫を使用するのが原則といえる。

用土は、土壌、PH、保持材、浄化材等で構成している。土壌は、赤玉土を主成分とし、PH 保持材は珊瑚砂、浄化材には珪砂や備長炭を配合している。

また、水路内にはメダカを放流し、その糞は土壌中の微生物により分解され藻類の栄養源となり、藻類はカワニナやモノアラ貝の餌となる。ホタルの幼虫がこれらの貝を食すことで、食物連鎖が起きるような構造となっている。アナカリス等の水草は、光合成作用で二酸化炭素を吸収し酸素を供給し、水中の溶存酸素量を増大させる。

## 3. ビオトープへの適用事例

ホタルビオトープに関しては、技術研究所のビオトープにおいて、平成 14 年 10 月にホタル育成環境整備の改良工事を行い、ヘイケボタルの幼虫を放流した結果、翌年の平成 15 年 7 月には羽化が確認された。また、同年 10 月にゲンジボタルの幼虫を放流し、本年平成 16 年 6 月にゲンジボタルとヘイケボタルの羽化が確認できた。

その後、横浜市内の海洋関連公的機関の屋外公園、東京都庁都民広場での屋上緑化への適用を図っている。ここでは、後者の 2 つの事例について、紹介を行う。

### 3.1 海洋関連公的機関屋外公園

#### (1) ホタル生息空間の創造

ホタルビオトープを適用するため、平成15年12月に整備工事を実施した。工事内容は2.3項で記述したとおり、水路部および水辺部の整備を行った。Fig.2に整備工事実施部の平面図を示す。整備面積は、せせらぎ部分で約8m<sup>2</sup>、土壌改良が18m<sup>2</sup>である。工事概要をTable2に示す。

整備工事終了後、カワニナおよびクロメダカの放流を行った。ヘイケボタルの幼虫は翌年の平成16年4月と5月、カワニナの稚貝が生まれ世代交代を確認した後に、合計300匹の幼虫を放流した。Photo.1に工事概要写真を示す。

#### (2) 観察結果

整備工事後のモニタリングとして、工事の前後を含めた水質調査を実施した。Table3に水質の結果を示す。表には、われわれが独自で定めたホタル育成のための適合水質も提示している。整備工事前においても、ほぼ適合水質を満足していたものの、総硬度やPHが若干低かったが、徐々に改善されているのがわかる。

ホタルの羽化の確認は現地の管理担当者に依頼し、7月の初旬に羽化を確認いただいた。7月12日には研究所内においてホタル鑑賞会を開催し、参加者から大変な好評を博したとのことである。

Photo.2に水辺の植生および水路内の水草の変遷、カワニナの稚貝の成長状況を写真で示す。

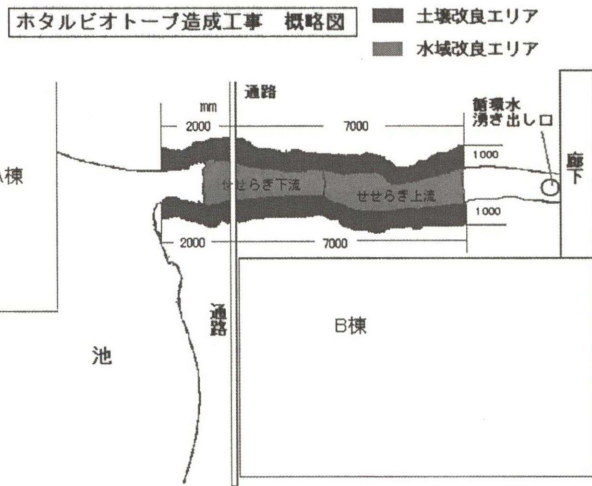


Fig. 2 整備工事実施部平面図

Table2 工事概要

土壌改良工事	①現植栽の除去・仮置き ②現植栽の基盤土壌の掘り起こし、仮置き ③掘削した底盤に備長炭および珊瑚砂を投入 ④掘り起こした土壌に特殊用土を混合・攪拌 ⑤上記用土を珊瑚砂の上に投入 ⑥最後に特殊肥料を散布 ⑦植栽戻し
せせらぎ改修工事	①せせらぎおよび水際部分へ御影石を投入 ②せせらぎ内へゴロタ石および珪砂を一面に投入 ③御影石および水際部分に苔を植栽 ④せせらぎ内に水草を植栽

Table3 水質モニタリング結果

調査日	水温 (°C)	pH	NO <sub>2</sub> 亜硝酸イオン (mg/L)	NO <sub>3</sub> 硝酸イオン (mg/L)	NH <sub>4</sub> アンモニウム イオン (mg/L)	CO <sub>2</sub> 溶存二酸化 炭素 (mg/L)	GH 総硬度 (度)	KH カルシウム硬度 (度)
2004/8/11	27.1	8.4	<0.15	0	0	1	4	3
2004/7/12	27.3	7.8	<0.15	0	0	3	4	3
2004/6/14	21.5	7.8	<0.15	0	0	3	4	3
2004/5/12	21.5	7.8	<0.15	0	0	3	4	3
2004/4/7	18.3	7.8	<0.15	0	0	3	4	3
2004/2/18	11.1	7.7	<0.15	0	0	3	4	3
2004/1/21	8.3	8.1	<0.15	0	0	4	3	3
整備工事前 2003/12/18	9.7	7.4	<0.15	0	0	3	3	3
整備工事後 2003/12/19	9.8	7.4	<0.15	0	0	3	3	3
ホタル生息 適合水質	6~25	7.0~8.3	0~0.15	0~50	0~0.15	3~6	5~15	2~8

注) <0.15は定量下限値以下であることを示す。



備長炭敷き詰め

珊瑚砂散布



特殊用土敷き均し



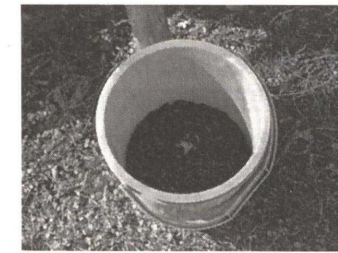
水辺への苔植付け



水草植付け



ゴロタ石投入



放流前のカワニナ

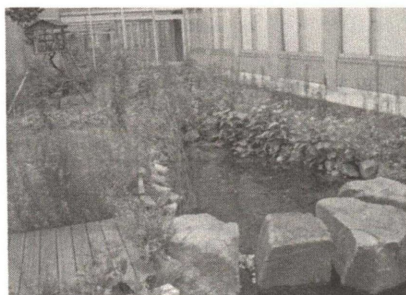


クロメダカの放流

Photo.1 整備工事施工状況写真



整備工事直後（平成 15 年 12 月）



工事 7 ヶ月後（平成 16 年 7 月）



アナカリス繁茂状況（平成 16 年 7 月）



苔定着状況（平成 16 年 7 月）



カワナ稚貝（平成 16 年 7 月）



カワナ成長状況（平成 16 年 7 月）

Photo. 2 ホタルピオトープ整備工事後の変遷

### 3. 2 都庁都民広場屋上ピオトープ

#### (1) ホタル生息空間の創造

都民広場の屋上ピオトープは、平成 16 年に屋上緑化推進事業を啓発するモデルプロジェクトとして、都の公募に応募し、選定されたものである。従来の屋上緑化の目的である、景観の向上、ヒートアイランド現象の緩和、省エネルギーに加え、安らぎや癒しの場の提供を目的に、ホタルの育成を可能にした環境創造を目指したものである。

Fig. 3 に屋上ピオトープのシステム図（平面図）、Fig. 4 に断面図を示す。システムとしては、底盤にパーライトや備長炭を敷き詰め、その中に水を貯留することにより、常に底面に豊かな水脈と空気層のある、自然と同様の環境を再現した構造を採用した。したがって、表層だけの水循環と比べ、高温期あるいは低温期においても水温の上昇・低下は抑えられ、生物や植生に対して温度影響を緩和する役目を果たしている。給水は調水器による自動給水とし、維持管理の容易化を図った。積載荷重は 178.5kg/m<sup>2</sup> である。

ホタルの育成環境としては、2.3 項に示したものと同様の土壌・植生・生態系づくりを行っている。すなわち、土壌では軽量化するためのパーライトのほか、備長炭、珊瑚砂、珪砂、赤玉等を配合、植栽は野草を中心に水辺には苔や水草を配した。生物は池にクロメダカ、せせらぎにはカワナおよびホタル幼虫を放流し、メダカ→水草・珪藻類→カワナ→ホタル幼虫の生態循環が行われるように環境整備を行った。Photo.3 に工事概要写真を示す。

なお、工事は防水工事を平成 16 年 4 月 12 日、ピオトープ工事を石の固着工事も含め 4 月 15 日、4 月 26 日、4 月 28 日の 3 回に分けて施工した。

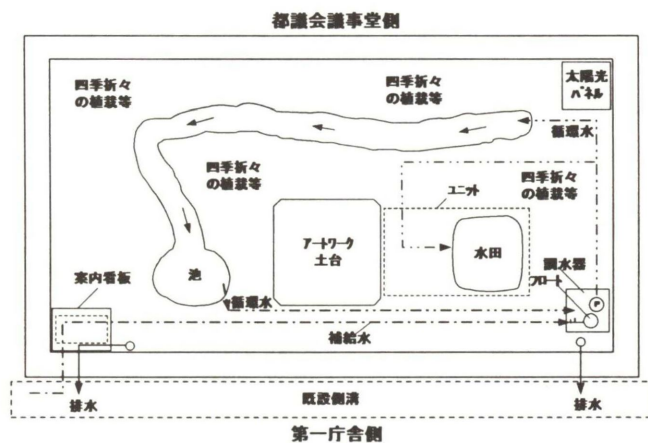


Fig. 3 屋上ホタルピオトープ平面図

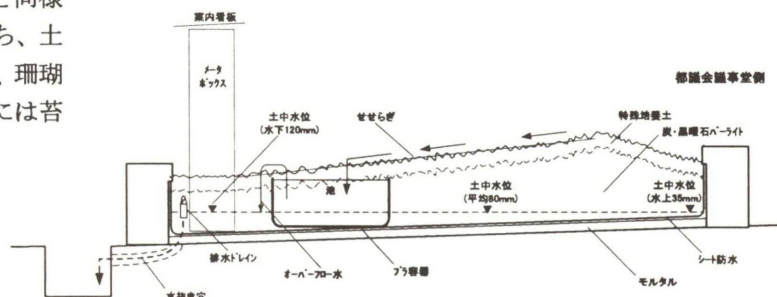
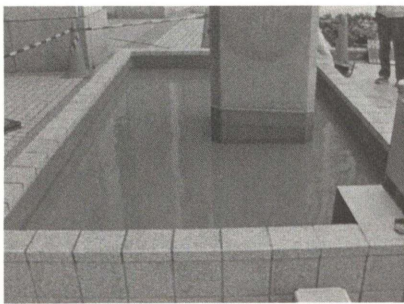


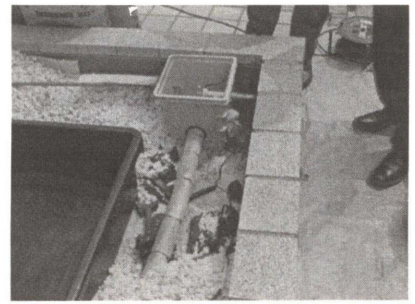
Fig. 4 屋上ホタルピオトープ断面図



防水後の水貼り試験



パーライトおよび備長炭敷き均し



調水器



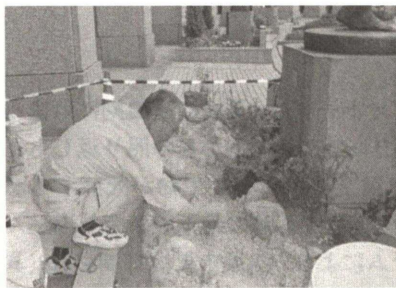
客土敷き均し



池構築



水田およびせせらぎへの給水管接続



せせらぎ調整



植栽



水田への古代米田植え付け



完成後の全景 (正面)



全景 (背面)



せせらぎ・池 (下流側)

Photo. 3 都民広場屋上ビオトープ施工状況写真

(2) 観察結果

屋上ビオトープが4月末に完成し、約1ヶ月植生や水質の観察を行った後、5月末にカワニナを放流した。ホテルの幼虫はカワニナの稚貝が生まれ、世代交代が確認された6月以降に放流した。本設置場所では背面にあるレストランが22:00頃まで営業しており、残念ながらその明るさのために、ホテルの羽化は確認できていない。なお、モニタリングは観察が主体であり、水質としてはTable4に示す気温、水温、亜硝酸イオンのみを測定した。

Table4 水質調査結果

調査日	気温 (°C)	水温 (°C)	亜硝酸イオン (mg/L)
5/6	18.0	17.0	<0.15
5/13	25.0	21.5	<0.15
5/25	23.8	19.6	<0.15
6/17	27.0	24.0	<0.15
6/24	35.0	28.0	<0.15
7/13	30.5	26.5	<0.15
8/25	27.0	26.5	<0.15

注) <0.15は定量下限値以下であることを示す。



全景（正面）



せせらぎ・池（下流側）



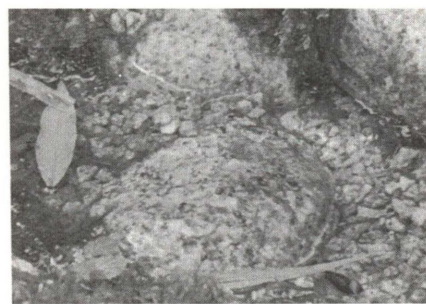
せせらぎ上流側



池（クロメダカ稚魚）



水田古代米の成長



カワニナの稚貝

Photo. 4 8月時点での屋上ビオトープ状況写真

亜硝酸イオンは水質項目の中でも影響の大きい項目であり、水質悪化の評価指標として測定したが、すべて定量下限値であった。また、水温は気温の変動に追随せず、比較の変動も少なく、30℃を超える気温でも極端な水温上昇は見られなかった。

Photo.4に8月時点(8/25)の状況写真を示す。7～8月の異常な高温期を経たにも関わらず、植生の成長はきわめて順調で、枯れている状況はまったく観察されなかった。また、カワニナの稚貝も無数に見られ、順調な成長が確認された。池ではクロメダカの稚魚も泳いでおり、生物の世代交代も順調に進んでいることが確認できた。

#### 4. まとめ

ホテルビオトープに関して、ホテルや餌となるカワニナなどの生態をもとに、ホテルビオトープ創造の考え方や構成の特徴をまとめた。また、ホテルビオトープの実施設への適用事例として、屋外公園および屋上緑化への適用例を示した。

適用事例では、2つの事例とも植生の成長ならびに生物の世代交代が確実に進むことが確認された。とくに、カワニナの稚貝の大量発生とその後の順調な生育によって、ホテルの生育環境が整う過程が観察された。今後、ホテルが完全に定着するかどうか継続的にモニタリングしていきたいと考えている。海洋関連の公的機関では、研究棟と研究棟の合間の小さな中庭を活用して高度な自然環境を創生した事例で、ホテルの羽化・飛翔によって研究員の方々にひと時の安らぎと癒しを与えた好事例と言える。

都民広場の屋上ビオトープは、夏場の高温期にはまったく日陰がなく、床面のコンクリートからの照り返しもあり、都の担当者からは水温上昇によって生物が死滅する懸念を指摘された。しかし、植生基盤の最下層までしみ込んだ水を循環するシステムにより、水温上昇は抑制され、異常高温が続いた夏場でも、カワニナやクロメダカは稚貝や稚魚を産み、順調に生育している様が観察された。

ホテルビオトープはこれらの事例のほかにも、事務所のロビーに適用する円形の「ホテルのせせらぎ」もあり、本社および技術研究所において3年前から実施しており、昨年ならびに本年ともにホテルの羽化を確認している。失われた自然の象徴としてのホテルに着目し、とくに都市部においてホテルを見られるという希少性の付加価値はきわめて大きいと考えている。今後、ホテルや学校、病院、福祉施設など、需要のすそ野を広げるとともに、自然復元の技術PRだけでなく、当社の環境への取り組みをアピールする格好の舞台として、ますますの広がりを期待する。

#### 参考文献

- 1) 公開特許：蛍の育成方法並びに蛍育成用土壌及び装置、発明者浜島良充、特開 2003-225035
- 2) 例えば、ホームページ：東京にそだつホテル、<http://members.jcom.home.ne.jp/hotaru-net/front.htm> など

---

## Firefly biotope - Application examples -

Nobuyuki KADOKURA, Toshimitsu ENDOU, Junya MURAKAMI,  
and Yoshimitsu HAMAJIMA

### Abstract

Recently production of space which MEDAKA, a dragonfly, etc. can inhabit is performed for the purpose of the lost natural restoration in the creation of a biotope. In our company, the production of environment "a firefly biotope" which can live the firefly which can say it also as the natural symbol lost several years before is tackled. A firefly biotope performs "production of environment in which a firefly can live" through the production of the ground and the production of water suitable for growth of a firefly. Various application examples, such as public organizations in Yokohama including the biotope of a technical research center, the Tokyo Metropolitan Government Office Tokyoite open space, and a head office lobby, are completed. In this report, observation of a construction situation, and a water quality change and a growth situation etc. summarizes the result of a follow-up survey about the main application examples with the feature of a firefly biotope.

**Keywords:** Biotope , Firefly, Soil, Water quality, Roof tree planting

---