

ヒメボタルの探雌行動

大場 信義*・後藤 好正**
相内 幹浩**・渡辺 政人**

Flight of male firefly, *Hotaria parvula* searching for potential mates

Nobuyoshi OHBA*, Yoshimasa GOTO**,
Mikihiro AIUCHI** and Masato WATANABE**

Males of *Hotaria parvula* expend hours of time and considerable energy in flight searching for potential mates. The males produce a flash pattern made up of single pulse of yellow light about 0.9 seconds apart during their flight searching for mates. In this paper, we investigated the behavior of flight in male *H. parvula* searching for females.

Flight time gradually becomes longer at midnight. During the flight searching for mates, males of *H. parvula* are often hovering around bushes. This behavior indicates they recognize the habitat of the females in detail. Flying within 1 m above the grass and hovering around bushes are the suitable behavior in male of *H. parvula* for searching mates.

はじめに

ヒメボタル *Hotaria parvula* の雌が放つ誘引信号や接近した雌と雄の間で展開される光交信の観察、実験結果については以下の一連の研究により明らかにされている。名古屋城外堀のヒメボタルの雄は 22:00 以降に地上 1 m 前後の高さで閃光を放ちながら誘引信号を発する雌を探索する(大場, 1987)。探雌に成功した雄は雌にアプローチして相互に発光シグナルの波形やタイミングを識別して交尾に至る(OHBA, 1980, 1983; 大場, 1986)。探雌中の雄の光シグナルは約 0.9 秒間に 1 回発せられ規則的である(大場, 1975, 1976, 1987)が、探雌時間や探雌飛翔軌跡の定量的把握は十分なされていない。本研究はヒメボタルの探雌行動がどのようになされるのか、特に雄の探雌飛翔軌跡の経時変化、また一回の探雌時間や探雌中に発生せられる閃光の回数などについて明かにするとともに、マーキング調査によりヒメボタル個体群の動態の把握を行なった。

調査方法

名古屋市北区大津橋(名古屋城外堀)において1982年から1986年にわたり、5月下旬にヒメボタル *Hotaria parvula* KIESENWETTER の調査を実施した。観察日の気温、天候、

* 横須賀市自然博物館 Yokosuka City Museum, Yokosuka, 238.

** 神奈川自然保全研究会 Kanakawa Natural Preservation Society, c/o Yokosuka City Museum.

原稿受理 1987年9月26日. 横須賀市博物館業績第355号

(ヒメボタルが活動を開始する 23:00 前後) は以下の通りである。

1982年5月25日, 曇, 17°C, 26日, 曇, 18.2°C, 27日, 晴, 20.0°C, 28日, 晴, 21.0°C,
1983年5月29日, 曇, 20.0°C, 1984年5月27日, 曇, 20.0°C, 28日, 曇, 18.0°C, 29日,
晴, 19.5°C, 1986年5月23日晴, 14.0°C, 24日, 晴, 16.0°C, 25日, 晴, 14.0°C。

1982, 1983, 1984, 年および1986年には雄を個体追跡して飛行時間と発光回数を測定した。
1982年および1984年はゲンジボタルで試みられているマーキング調査法(堀ほか, 1978)に
より個体群の移動を推定し, 個体追跡結果と比較し検討を加えた。1986年は探雌飛行の時
間と軌跡を記録した。飛行軌跡は生息地内に 2m 間隔に標識棒を立ててメッシュを作り,
6×10 m の調査区内を通過, 飛行する雄の発光を追跡した。調査時間は雄が探雌飛行を開

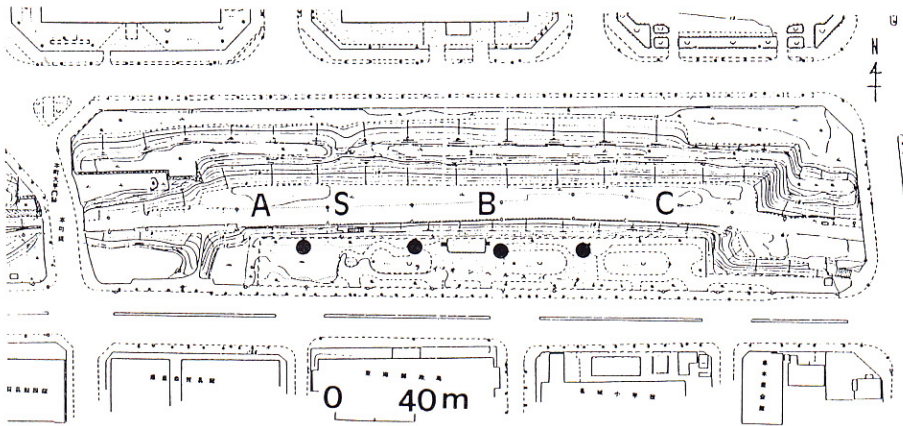


Fig. 1. Sketch map of habitat of *H. parvula*. A, B, and C are study area for marking examination and S is for measurements of flying and flashing activity. ● indicates mercury lamp.



Fig. 2. Habitat of *H. parvula* in the moat of Nagoya Castle.

始する 22:00 から終了する 3:30 までとした。観察者は調査区間を飛行的光する雄個体の飛翔方向と距離、時間などを調査カードに記録した。

調査地概要

調査地は Fig. 1 に示す通りであり、市街地の中心にある名古屋城の外堀である。ヒメボタルは堀内で幅 50 m 前後、長さ東西 390 m 前後の範囲に発生する。堀は約 9 m の深さの空堀で、南面は堀の底から 1.5 m 前後の石積の護岸、その上側の斜面にはクズなどの植物が繁茂しサクラなどの樹木が植栽され、北側は未護岸のスロープとなって、植物が繁茂している (Fig. 2)。堀の南側に沿って幅 30 m 前後の公園があるためにその外側に平行する自動車道路の照明の影響は緩和されているが堀と公園の境界付近に 4 本の防犯灯が並び、樹木の隙間から照明が堀内にもれているので堀内は部分的に明るい。堀に沿った北側は幅 40 m 前後の緑地となっていて、ほとんど人手が加えられていない樹木に被われて

Table 1. Relation between the flight time and the number of flashes in *H. parvula*.

INDIVIDUAL NUMBER	DATE	START OF MEASUREMENTS	FLIGHT TIME	MOVED DISTANCE
1	1986. 5. 23	23:30	0' 41" 4	12.4 m
2	1986. 5. 24	0:02	0' 23" 6	3.9 m
3		0:05	0' 07" 0	13.0 m
4		0:08	0' 33" 4	7.0 m
5		0:10	0' 22" 6	10.2 m
6		0:12	0' 33" 7	9.8 m
7		0:14	2' 41" 8	35.9 m
8		0:23	2' 51" 5	27.5 m
9		0:25	0' 12" 7	3.0 m
10		22:07	1' 17" 7	14.5 m
11		22:10	0' 30" 9	3.0 m
12		22:14	1' 53" 2	11.0 m
13		22:20	1' 23" 3	8.4 m
14		22:30	0' 27" 2	2.2 m
15		22:32	0' 10" 9	2.2 m
16		22:35	0' 35" 4	6.5 m
17		22:58	1' 15" 9	11.5 m
18		23:00	0' 40" 1	3.8 m
19		23:07	1' 02" 6	16.1 m
20		23:12	1' 15" 4	10.1 m
21		23:17	0' 26" 6	3.8 m
22		23:25	1' 46" 4	11.8 m
23		23:35	1' 49" 2	16.2 m
24		23:38	0' 51" 7	3.2 m
25		23:42	2' 46" 8	10.8 m
26		23:47	3' 58" 8	34.6 m
27		23:52	2' 46" 3	14.6 m
28		23:55	1' 18" 0	7.1 m
29		23:57	0' 34" 2	4.8 m
30	1986. 5. 25	0:00	2' 14" 0	19.5 m
31		0:11	1' 59" 7	9.2 m
32		0:14	1' 11" 4	11.9 m
33		0:15	0' 48" 1	3.6 m
34		0:20	3' 46" 5	42.4 m
35		0:25	2' 00" 1	24.9 m
36		0:27	0' 26" 9	4.8 m
37		0:29	0' 52" 7	8.9 m
38		0:33	2' 18" 3	21.7 m
39		0:38	3' 22" 4	19.7 m
40		0:40	1' 16" 4	12.9 m
41		0:45	0' 41" 7	6.4 m
42		0:47	0' 32" 0	3.6 m
43		1:05	4' 00" 0	25.9 m
44		1:11	0' 10" 6	3.8 m
45		1:44	6' 44" 9	15.3 m
46		22:56	0' 27" 2	6.2 m
47		22:59	0' 05" 0	4.4 m

いる。曇天時には堀周辺の高層ビルの照明やネオンサインの光が雲に反射して堀内を照らす。1976年以前、堀内には 22:00 ごろまで駅構内に照明が点灯されていた。以後鉄道が廃線となり、線路が撤去されて整地されたため一時的に環境が急変したが、時間経過とともに堀の中心部まで植物が繁茂し安定化した状態となって現在に至っている。

結 果

探雌時間と発光回数

雄は 20:00 前後から発光を開始するが、飛翔せずに長く不規則な発光間隔であった。22:00以後は飛翔し、時間経過とともに発光間隔は 0.9 秒前後となり規則的となった。雄の飛翔時間(探雌時間)と発光回数の関係は Table 2 に示した。探雌活動の開始直後から 20:30 前後では 1 回の飛翔で 7~32 回(平均 17.2 回)と少ないが、次第に発光回数は増加し、23:04 以後には 199 回となり急増した。探雌活動は 23:04 から 3:30 前後まで続き、夜明けとともに終了した。この間、雄の飛翔は 6~7 分間ごとに繰り返される傾向があり、一回の探雌飛翔の発光回数は 7~798 回であった。また 1 時間毎の平均飛翔時間と発光回数は Table 3 に示す通りで 0:00~2:00 が最盛期となり、1:00~2:00 には一回の探翔で平均 2'15" 間飛翔して 188.8 回発光した。

Table 2. Relation between the average flight time and the number of flashes in *H. parvula*.

DATE	TIME	FLIGHT TIME	NUMBER OF FLASHES	DATE	TIME	FLIGHT TIME	NUMBER OF FLASHES
1983.5.29	23:20	1' 18"	125	1983.5.30	3:29	0' 20"	31
	23:30	1' 13"	108		3:30	0' 05"	7
	23:42	0' 30"	43		0:20	4' 40"	344
	23:48	0' 25"	29		0:30	1' 00"	79
1983.5.30	0:10	1' 07"	106	0:50	1' 10"	43	
	0:15	3' 02"	280	1:00	1' 00"	12	
	0:35	0' 09"	84	1:35	1' 26"	124	
	0:38	0' 15"	21	1:40	0' 35"	40	
	0:40	1' 01"	100	1:45	0' 45"	52	
	0:43	1' 48"	165	1:50	8' 00"	833	
	0:46	1' 27"	123	2:23	0' 06"	8	
	0:47	2' 30"	244	2:23	0' 18"	18	
	0:48	0' 50"	69	2:24	0' 20"	32	
	1:10	1' 39"	162	2:22	0' 13"	21	
	1:12	1' 02"	92	2:22	0' 07"	7	
	1:14	0' 37"	42	2:33	0' 20"	39	
	1:19	1' 20"	139	2:30	2' 25"	199	
	1:27	1' 16"	127	1:35	0' 55"	80	
	1:30	0' 35"	55	1:40	1' 54"	179	
	1:32	2' 23"	244	1:45	0' 41"	62	
	1:33	1' 08"	199	1:50	1' 28"	136	
	1:35	0' 00"	174	2:3	1' 39"	15	
	2:05	2' 17"	194	2:33	1' 10"	32	
	2:07	1' 01"	89	2:33	0' 22"	229	
	2:10	1' 48"	158	2:33	2' 40"	15	
	2:15	0' 46"	50	2:33	0' 46"	54	
	2:18	0' 54"	54	2:33	0' 23"	29	
2:20	2' 33"	210	2:33	3' 30"	278		
2:25	2' 33"	247	0:10	4' 30"	364		
2:28	1' 08"	30	0:42	1' 18"	92		
2:35	1' 27"	138	0:45	1' 43"	96		
2:45	0' 55"	84	0:55	6' 07"	387		
2:50	0' 54"	63	1:37	1' 04"	79		
3:00	0' 27"	37	1:55	2' 34"	70		
3:02	0' 14"	16	2:00	0' 44"	49		
3:07	0' 34"	54	2:04	0' 12"	12		
3:10	0' 52"	12	2:07	2' 13"	137		
3:20	2' 34"	247	2:20	1' 55"	128		
3:25	0' 41"	64					

気温と発光回数の関係

飛翔活動は、気温が 14°C 未満であると抑制され、14°C 以上になると回復するが、そ

れ以上に気温が上昇しても発光間隔や発光頻度は気温に比例しなかった。探雌飛翔は昼間に気温が上昇し、夜間に降下して植物の葉に結露する条件のときに最も活発であった。

探雌時間と飛翔距離

探雌のために飛翔する雄の飛翔時間と飛翔距離の関係を Table 1 に示した。

22:07 から 1'17" に 14.5 m 飛翔移動し, 23:47 には 14.6 m, 0:25 には 42.4 m, 1:05 には 25.9 m, 1:44 には 15.3 m を飛翔移動した。

Table 3. Relation between the flight time and the flight distance in male of *H. parvula*.

TIME PERIOD	AVERAGE FLIGHT TIME	AVERAGE NUMBER OF FLASHES
22:00~23:00	0' 31"	17.2
23:00~0:00	1' 19"	87.6
0:00~1:00	1' 43"	170.3
1:00~2:00	2' 15"	188.8
2:00~3:00	1' 26"	109.1
3:00~4:00	0' 39"	52.7

飛翔探雌軌跡と飛翔距離および活動時間

1986年5月に調査したヒメボタル雄の探雌行動のなかから特徴的な飛翔軌跡を Fig. 3

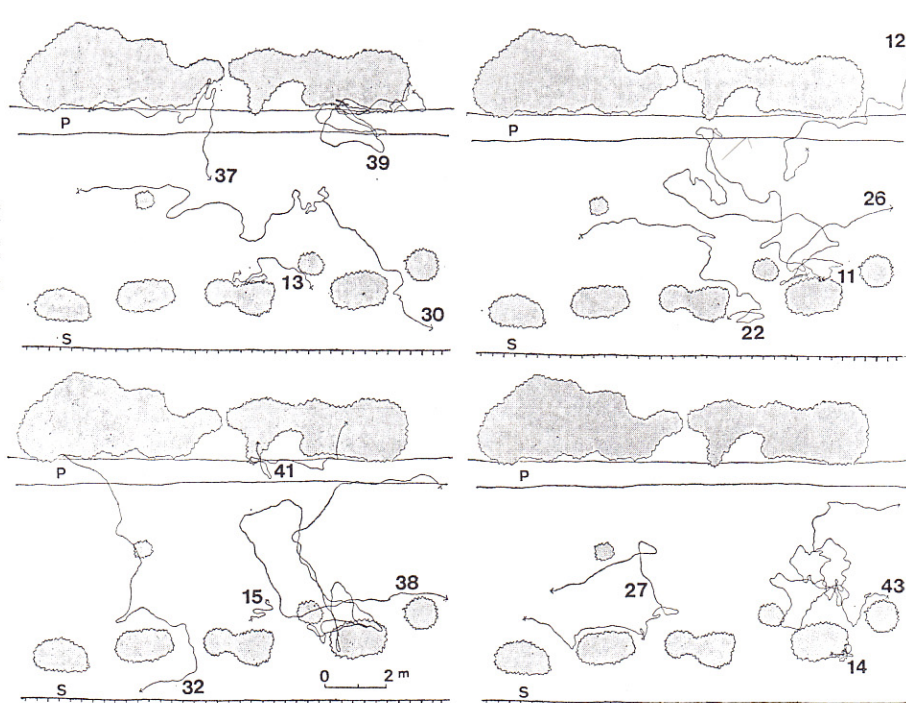


Fig. 3. Tracks of flight of male *H. parvula* searching for mates. Numerals are individual number of male *H. parvula*. Shaded indicates bushes. x: starting flight, P: path, S: stone wall.

に示した。図に表示した番号は観察個体番号であり、Table 1 の個体番号と一致する。個体 43 は 1:05 から 3 株の草を巡り、その周辺のクズの草原で長時間ジグザグの停滞飛行を続け 4'00" 間に 25.9 m 移動した。個体 11 は 22:10 から 30'9 間に 3.0 m 飛行したがループを描き飛行開始点のすぐ近くに降りた。個体 12 は 22:14 に飛行開始、草株(網目で示した部分)を回り込むように 11 m をジグザグ飛行した。草株は約 70 cm の高さであった。個体 13 は 22:20 から 1'23'3 の間に草株の縁を 8.4 m 飛行したが直線移動距離は短い。個体 14 は 22:30 から 27'2 間に 2.2 m 飛行しただけであり、飛行始点と終点間の直線距離は短い。個体 15 は 22:32 に 2.2 m 飛行して個体 14 と同様の傾向を示した。個体 22 は 23:25 から 1'46'4 間に 11.8 m、草株の縁をジグザグ飛行し、飛行始点と終点の直線距離は延びた。個体 26 は 11:47 から 4'58'8 間に 34.6 m 移動した。この個体はジグザグに飛行し草株の縁で停滞飛行した後、飛び去った。個体 27 は 23:52 から 2'46'3 間に 14.6 m 飛行、草株の縁を回り込んだり、停滞飛行を続けて 4 株の草を一巡して飛行始点に近いところに戻った。個体 30 は 0:00 から 2'14" 間に 19.5 m を、また丈の低い草地上でジグザグに飛行し、途中草株の間で停滞飛行した後に飛び去った。個体 37 は 0:29 に大きな草株から飛び立ちその周縁を回り込むようにゆっくりと飛行した後、通路(P)の反対側(南側)に降り、52'7 間に 8.9 m 移動した。個体 38 は 0:33 に通路付近から飛び立ち草株の縁で停滞飛行した後に草地で大きなループを描き別の草株の周縁を通過し、2'18'3 間に 21.7 m 移動した。個体 39 は 0:38 に大きな草株から飛び立ち長時間にわたって草株の周縁を停滞飛行し、ほとんど飛行始点と同位置に降り、3'22'4 間に 19.7 m 飛行した。個体 41 は大きな草株から飛び立ち個体 39 に似た飛行軌跡を示し 41'1 間に 6.4 m 飛行した。

個体群の移動

1982年5月に行った標識調査は生息地をほぼ3等分し堀の東側をA調査区、中をB区、西側をC区とした(Fig. 1)。各区分で捕獲、標識した後に放して翌日に各区分で再捕獲された個体を記録するといったことを繰り返すことにより個体群の動態を調査した。標識総個体数は245個体であり、これらのうち再捕獲された個体は59個体であった。各調査区で再捕獲された個体数は次の通りであった。

個体群の動態	個体数
A区にとどまっていた	15
A区からB区へ移動	6
A区からC区へ移動	1
B区からA区へ移動	5
B区にとどまっていた	19
B区からC区へ移動	3
C区からA区へ移動	1
C区からB区へ移動	4
C区にとどまっていた	6

以上の結果からヒメボタルの雄は探雌飛行で300 m以上離れた場所へ飛行移動すること

はなかった。50%以上の個体が調査区内にとどまっていた移動性に乏しいことが判明した。

考 察

探雌飛翔時間と発光回数

探雌飛翔時間と発光回数は Table 1 に示した通りで、ほぼ $T=an$ (T =飛翔時間・秒), $a=0.9$, n =発光回数の関係が成り立っている。こうしたヒメボタル雄の探雌発光の規則性は飛翔発光する限り常に続くが、ゲンジボタル *Luciola ccuciate* やヘイケボタル *L. lateralis* の発光パターンの規則性は限定された時間内だけに認められる (OHBA, 1983)。他種のホタル、特にヤエヤマボタル *L. yayeyamana* ではヒメボタルと近縁な種であるにもかかわらず探雌飛翔時間が30分間と短く限定される (大場, 1986) のに対し、ヒメボタルの探雌飛翔時間は著しく長い。ヒメボタルの発光スペクトルをみると 580 nm 付近にピークが認められ (EGUCHI *et al.*, 1984), こうした発光色のホタルは薄暮型の活動習性をもつ種であるとされる (BIGGLEY *et al.*, 1967) が、名古屋城外堀のヒメボタルは深夜に活動し、探雌時間も著しく長く異例のホタルといえる。一方、ヤエヤマボタルは薄暮型のホタルであり、発光スペクトルをみても BIGGLEY らの説に一致する。ヤエヤマボタル *L. yayeyamana* は同所的に生息するキロスジボタル *Curtos costipennis* と時間的に棲み分けることで競合を回避しているが、ヒメボタルは競合する種がないために、探雌飛翔時間を長くしたと考えられる。今後ヒメボタルの雌が羽化する時間帯を明かにすることにより探雌飛翔時間の延長がどのような機構によって生じたのかを知る手がかりが得られると考えられる。一方、人工照明の影響がほとんどないヒメボタル個体群の探雌飛翔時間を調査し比較検討することにより探雌時間の延長が人工照明など人為的要因に帰因するの可否か明かにすることができると考える。

発光回数と飛翔距離

活動初期の雄は1回の飛翔距離が短く、明滅回数も少ない。また飛翔始点と終点の直線距離は短く元の位置に戻る傾向が認められる。発光回数や距離は時間経過とともに増大し、0:00 前後に探翔行動のピークがあり、これまでの目視観察結果 (OHBA, 1980, 1983; 大場, 1987) と一致している。時間帯別に飛翔時間と発光回数を平均すると Table 3 に示す通りとなり、23:00~2:00 がもっとも飛翔時間および距離が長く、この時間帯がヒメボタルの探雌活動の最盛期であることを裏付けている。

探雌飛翔軌跡

雄の飛翔する高度は地上 1m 前後であることが多いが、植物などが地表を被っている場合にはその被われた面から 1m 前後の上空を飛翔する。こうした探雌飛翔はそれ以上の高度になると探雌効率が低下するので、このことを回避する適応的行動とみなすことができる。草丈の低いところを探翔するときは直線的に飛翔する傾向にあるが、丈の高い草株周縁では滞空飛翔することが多い。この雄の行動は草株の根元に潜む雌を丹念に探索している結果と考えられる。このことから雄は雌の生息する可能性の高い環境を識別していると考えられる。著者の1人である大場が行ったモデル光による実験によってもヒメボタ

ルの滞空飛翔行動が解発されている(大場, 1987)。即ち雌の放つ誘引シグナルに似せた光を点滅させると雄はモデル光が雌であるか否かを滞空飛翔しながら識別していると考えられる行動が観察されている。調査期間中に雌が発見された場所は、雄が滞空飛翔をしたところに多いという事実は滞空飛翔が探雌および雌とのコミュニケーションを成功させるうえで重要な行動とみなすことができる。探雌飛翔の軌跡がジグザグであることも地表の雌を探索するうえでは適応的行動といえる。飛翔時間に比べて移動は小さく探雌飛翔後に再び元の位置に舞戻す傾向がある。探雌のために遠くへ移動しないということが今回の標識再捕獲法による調査からも裏付られ、この種の特徴といえる。

ま と め

1. ヒメボタルの探雌行動は 22:00 以後夜明けまで続き、活動初期においては飛翔距離や明滅回数、飛翔時間が短い時間経過とともに長くなり 0:00 から 2:00 が最長となる。
2. 調査区内で一回の探雌飛翔距離は最長 42.4 m を記録したが飛翔始点と終点の直線距離はそれ以下で短い。
3. 活動最盛期における平均探雌時間は 2' 15 以上である。
4. 探雌飛翔は 6~7' 毎に周期的に起る。
5. 探雌飛翔中の発光パターンは 14~22°C ならばほぼ一定で 0.9" に 1 回発光する。
6. 活動初期の探雌時間は短く、飛翔始点付近に再び戻る傾向がある。
7. 標識再捕獲調査によると個体群の移動は小さく、個体追跡調査の結果と一致する。
8. 雄は丈の高い草株の周辺で滞空飛翔し、雌や環境状態を識別する。

謝 辞

本研究を進めるに当り、野外調査で多大な協力を惜しまれなかった竹内重信氏に深く感謝する。本研究の一部は文部省科学研究費特定研究「生物の適応戦略と社会構造」によった。

引 用 文 献

- BIGGLEY, W. H., LLOYD, J. E. and SELIGER, H. H. 1967. The spectral distribution of firefly light. II. *J. Gen. Physiol.*, 50: 1681-1692.
- EGUCHI, E., NEMOTO, A., MEYER-ROCHOW, V. B. and OHBA, N. 1984. A comparative study of spectral sensitivity curves in the three diurnal and eight nocturnal species of Japanese fireflies. *J. Insect. Physiol.*, 30(8): 607-612.
- 堀 道雄・遊磨正秀・上田哲行・遠藤 章・伴 浩治・村上興正 1978. ゲンジボタル成虫の野外個体群. *インセクトリウム*, 16(6): 4-11.
- OHBA, N. 1980. Mating behavior of a Japanese *Hotaria* firefly (Coleoptera: Lampyridae). *Sci. Rept. Yokosuka City Mus.*, (27): 13-18.
- 1983. Studies on the communication system of Japanese fireflies. *Ibid*, (30): 1-62, pls. 1-6.
- 大場信義 1975. ヒメボタル *Hotaria parvula* の生活史. 横須賀市博雑報, (21): 5-8.
- 1976. ヒメボタル *Hotaria parvula* の生活史 (II). 同上, (22): 12-17.
- 1986. ホタルのコミュニケーション. 241 pp, 東海大学出版会, 東京.
- 1987. ヒメボタル *Hotaria parvula* の誘引シグナル. 横須賀市博研報[自然], (34): 17-