

## ゲンジボタルの形態と発光パターンの地理的変異

大場信義\*

### Geographical variation, morphology and flash pattern of the firefly, *Luciola cruciata* (Coleoptera:Lampyridae)

OHBA Nobuyoshi \*

キーワード：ゲンジボタル，ホタル，発光パターン，地理的変異，生活史

Key words: *Luciola cruciata*, firefly, flash pattern, geographical variation, life cycle

日本各地のゲンジボタル集団の形態・発光パターンと生態などを調査した結果、東日本の集団は探雌飛翔時における雄の発光間隔は約4秒もしくはそれより長く、一方、西日本の集団は約2秒と速く明滅し、中部日本では東西日本の中間的な発光パターンが確認され、さらにそれらには各地域集団固有な地理的変異が認められた。また、遺伝的な背景と発光パターンを対比した結果、西日本型と東日本型、さらに中部日本型とはよく対応したが、その他の集団では明瞭な対応が認められなかった。しかしながら、北九州の集団、特に対馬の集団は遺伝的背景を反映し、最も明滅周期が速いパターンを示した。さらに、発光パターンや遺伝的な背景が各地の集団の外部形態に反映されているか否かを調査した結果、集団内の個体変異が大きく、明瞭な連関が認められなかった。しかし、色彩斑紋パターンは関東地方以北に薄紋型が多くなり、東日本型の遺伝的特性を反映していると考えられる。

The most famous Japanese firefly, *Luciola cruciata* is widely distributed in Japan with out Hokkaido and Okinawa. Ohba finds that in the population in northern Japan the synchronous flashing period of the searching male is longer than in western Japan. The individuals often take more than one year to reach maturity. However, in the western population the males' flash interval is about 2 seconds, and the life cycle is usually completed in more than one year. In northern population the males' flash interval is about 4 seconds. The border area of distribution of the both types is near Tajimi City(Gifu Prefecture), Toyohasi City(Aichi Prefecture), Tatuno Town, Tino City(Nagano Prefecture), and Kosiji Town and Nagaoka City(Niigata Prefecture). Near the border areas, another type of population is recorded. The males' flash interval is about 3 seconds. While at Yamaga City(Kumamoto Prefecture) and Tikugo City(Fukuoka Prefecture) in Kyushu, there are similar types of the 3 second-type population recorded in this study. However they are more well-

---

\* 横須賀市自然・人文博物館 Yokosuka City Museum, Yokosuka, 238-0016.

synchronized flashing. Based on morphological study in each population, I could not distinguished any relationship between flash pattern and morphology (color pattern of the pronotum). However, the morphology and color pattern is specific to each population.

## はじめに

ゲンジボタル *Luciola cruciata* は探雌飛翔時における雄の発光間隔が約2秒と約4秒の2つの集団が東日本と西日本に生息する(OHBA, 1983; 1984, 大場, 1984, 1986, 1988)。また, これらの両集団の分布境界域には約3秒の中間型の存在が確認された。これらの実態を明らかにするために各地域集団のアロザイム解析の分析を行い(SUZUKI *et al.*, 1996), 2つの西日本と東日本の生態型に分かれることが明らかになり, これら2型は発光パターンを反映している結果が得られている。その後, さらに詳細に全国各地のゲンジボタル集団についてミトコンドリアDNAの解析を進め, 6つのハプロタイプが存在した(鈴木ほか, 2000)。しかし, 各地集団の形態や発光パターンの解析と比較検討は十分でなかった。

そこで著者は更に多くのゲンジボタル集団について雄の飛翔探雌時における発光パターン解析を行い生態・行動・生息環境・外部形態や斑紋色彩パターンとの関連を分析した。発光パターンは行動状態・気温・時刻などの要因により変動することが報告されてきた(OHBA, 1980, 1983; 大場, 1986,)が, さらに詳細な解析を行うとともに, 波形の相違や発光パターンの変動要因についても触れ, 地域集団の固有性を明らかにするとともに, 本種の分布拡散経路の推定を行ったので報告する。

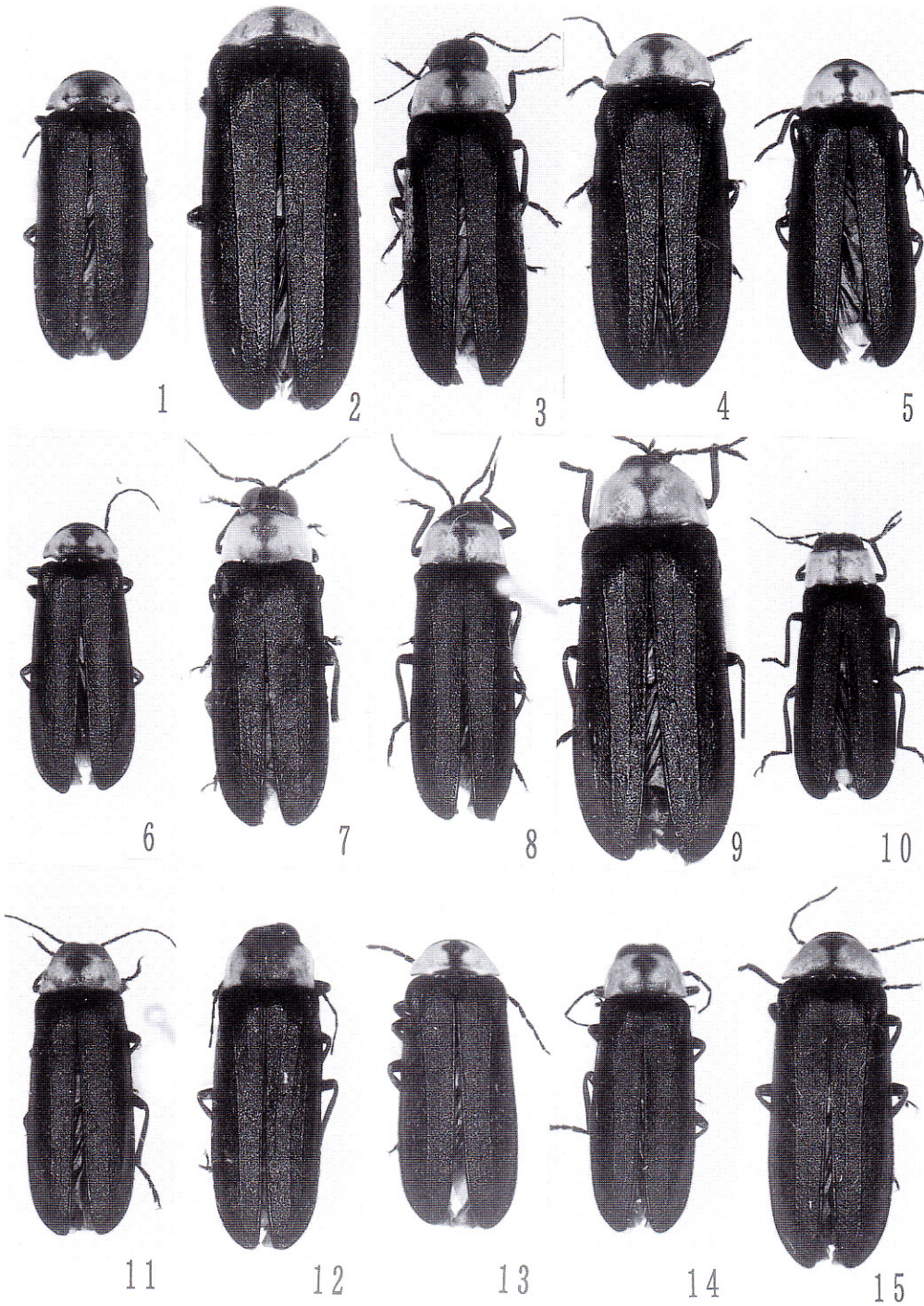
本研究を進めるにあたり以下の各位に調査の協力や資料の提供を頂いた。ここに記して深謝する。渡辺和玉・鈴木浩文・佐藤安志・圓谷哲男・中川七三郎・竹崎深江・竹林国興・岩崎郁男・甲斐睦央・新名誠一・江里口巖・勝野重美・大久保重雄・斉藤正二・緒方隆雄・山田勝彦・稲葉辰馬・小林 修・関谷寛隆・吉田嗣朗・西川幸孝・岩井

立弥・丸岡文夫・大竹和夫・三石暉弥・内藤喜照・西原昇吾・城田安幸・白沢良一・小野寺寛一・細越武光・淀江賢一郎・恩田 寛・中村光男・斎藤秀生・松田マチ子・遊磨正秀・上野武次・大場詔子・全国ホタル研究会会員諸氏。本研究の一部, 文部省科学研究費基盤研究C (No.09640832) および国際学術研究 (No.09041100) とトヨタ財団研究助成によっている。

## 対象と調査地

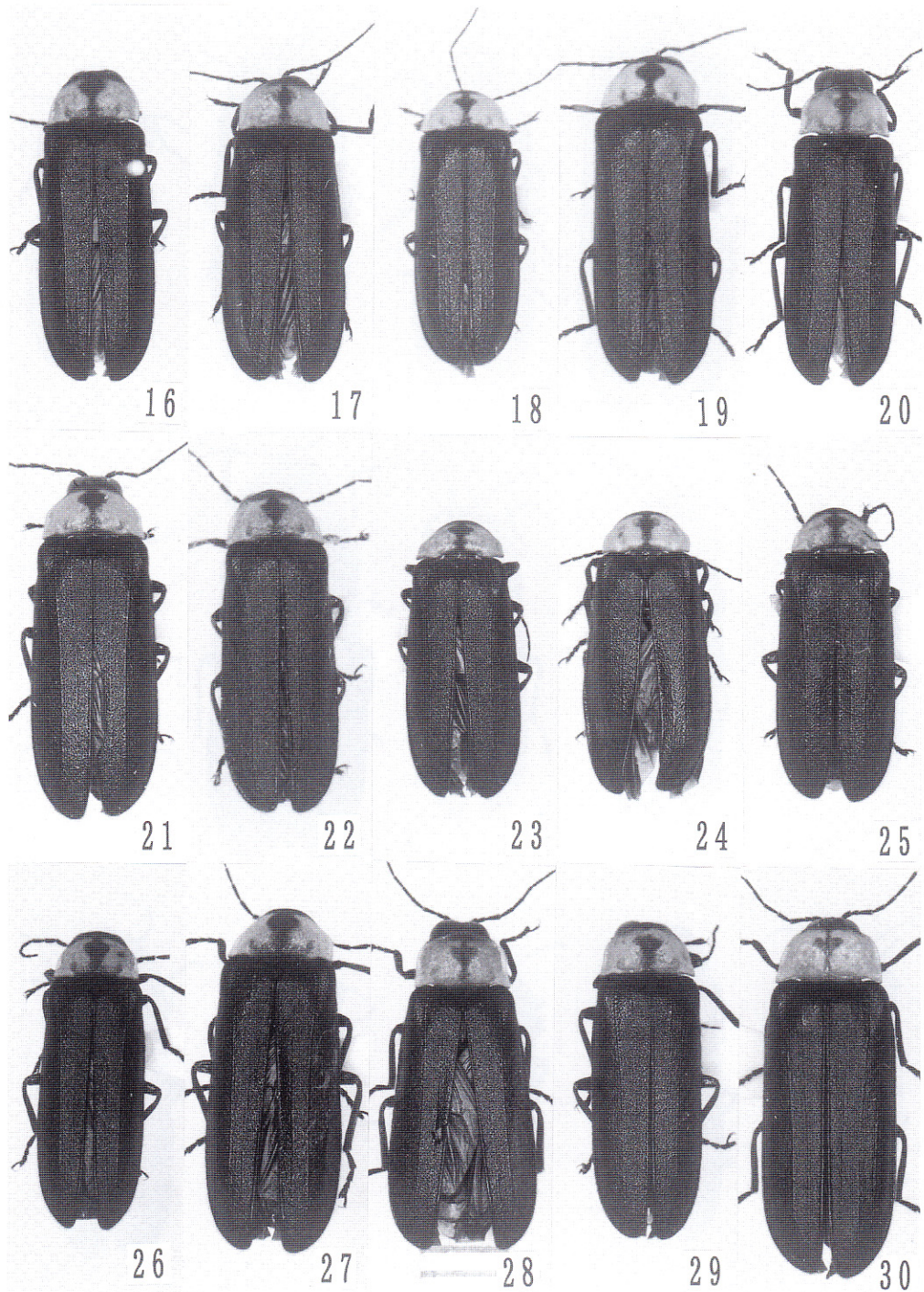
ゲンジボタルの全国各地の集団について, 発光行動と生息環境を調査するとともに, 横須賀市自然博物館に保管されている全国各地のゲンジボタルの乾燥標本(横須賀市博物館昆虫資料)について前胸背板の幅および長さを計測した。また, それらの集団の一部については, 生息状況や環境を詳細に調査するとともに, 雄の飛翔探雌行動時における発光パターンを調査した。特に, 神奈川県横須賀市の集団を対象とし, 発光パターンの経時的変化やコミュニケーション・システムの観察も行い, 他の集団との比較を行った。各地の発光行動と気温, 生活史などについても, これまでの知見(OHBA, 1983ほか)に加え, 新たに発光パターン解析を行った結果と比較し, 西日本と東日本型ゲンジボタルの生態の特徴を明らかにした。

発光パターンの解析を行ったいくつかの集団の生息環境を第19図に示す。前胸背板の大きさの計測はニコン万能投影機(V-12)により50倍に拡大して行った。発光パターンの記録解析はスターライトスコープ(Hamamatsu TV)を装着したVTRカメラ(Sony Handycam EVCX10)で発光パターンを野外で録画後(大場, 1985), 再生映像からコンピュータによる解析(牧野ほか, 1994)を行った。



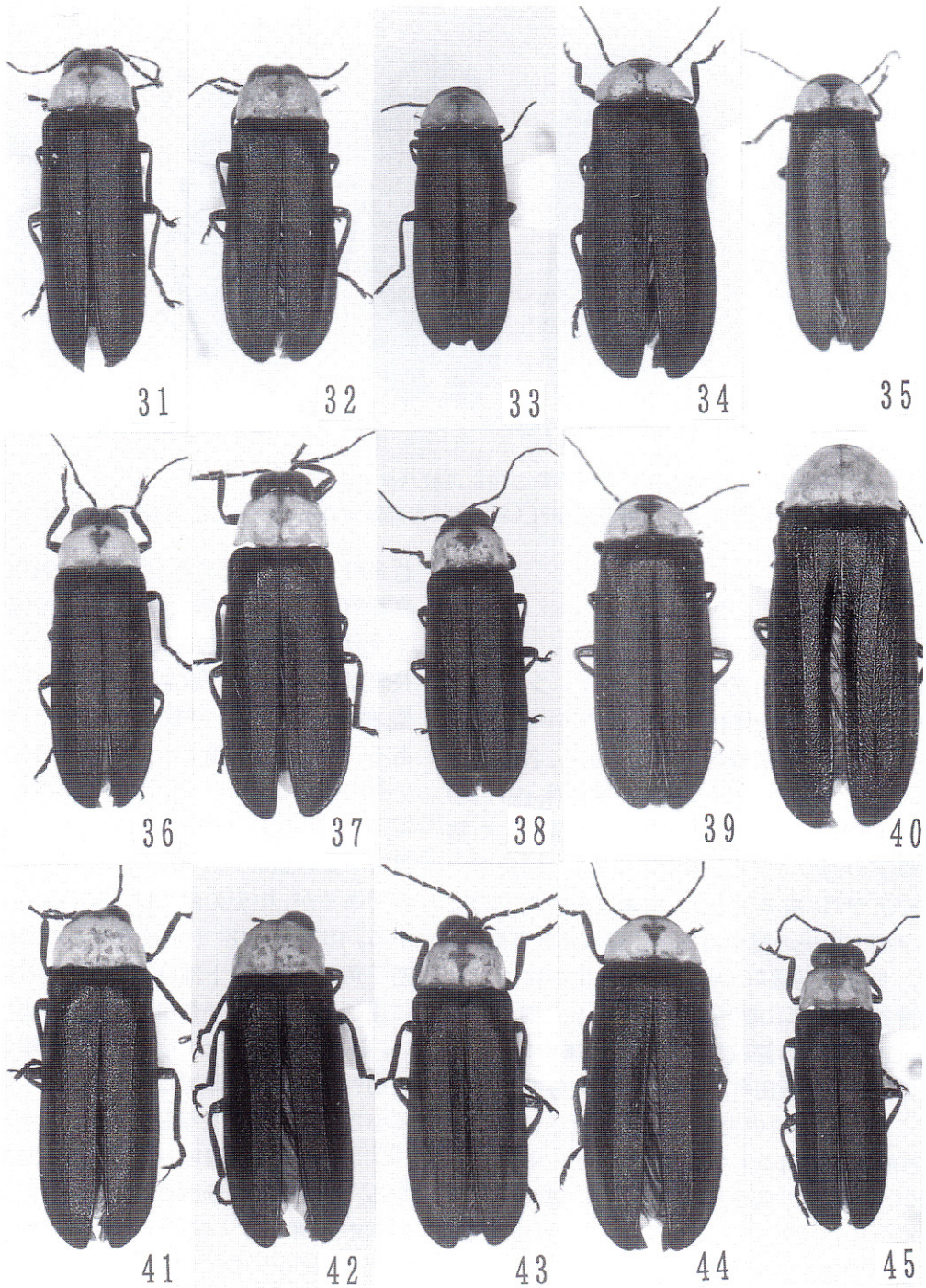
第1図 全国各地のゲンジボタルの外部形態と色彩斑紋パターン。

1.熊本県旭志村, 2.熊本県旭志村(♀), 3.熊本県阿蘇町, 4.熊本県阿蘇町(♀), 5.熊本県山鹿市, 6.熊本県人吉市, 7.福岡県筑後市舟小屋, 8.大分県飯田町, 9.大分県飯田町(♀), 10.宮崎県北川 11.鹿児島県薩摩郡入来町, 12.長崎県対馬厳原, 13.香川県塩江町, 14.高知県大野見村(♂), 15.高知県大野見村(♀).



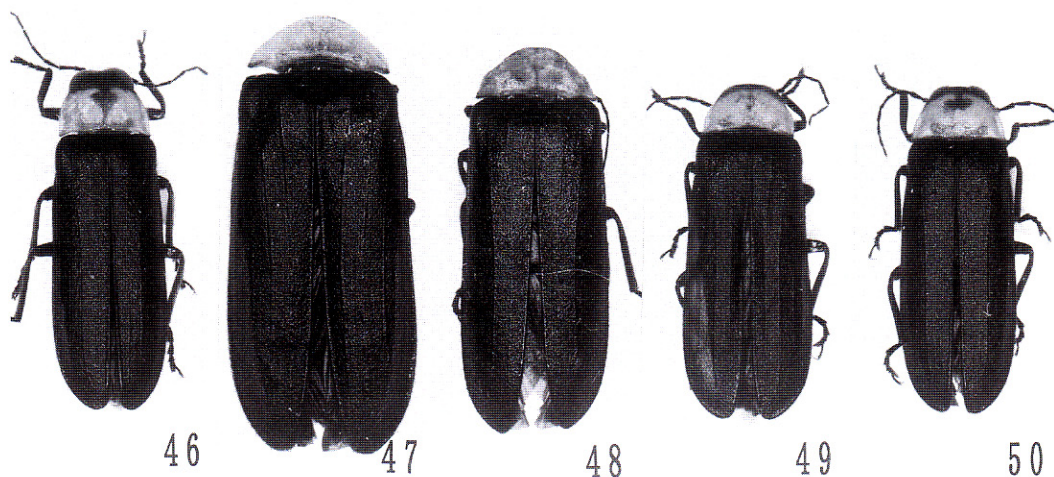
第1図 全国各地のゲンジボタルの外部形態と色彩斑紋パターン。

16. 山口県豊田町, 17. 山口県山口市, 18. 島根県隠岐, 19. 岡山県哲多町, 20. 京都府清滝川(♂), 21. 京都府清滝川(♀), 22~23. 長野県松本市, 24. 長野県石ノ湯, 25. 長野県辰野町, 26. 岐阜県多治見市, 27. 岐阜県多治見市(♀), 28. 山梨県清里, 29. 山梨県下部町, 30. 神奈川県秦野市。



第1図 全国各地のゲンジボタルの外部形態と色彩斑紋パターン。

31. 神奈川県秦野市, 32. 神奈川県秦野市(♀), 33. 神奈川県横浜市舞岡, 34. 神奈川県舞岡(♀), 35. 神奈川県逗子市池子, 36. 神奈川県横須賀市山中町, 37~38. 神奈川県横須賀市野比, 39. 神奈川県横須賀市野比鏡田谷戸, 40. 神奈川県厚木市, 41. 群馬県吾妻郡東村, 42. 山形県湯瀬町, 43. 山形県米沢市小野川, 44. 山形県米沢市小野川(♀), 45. 宮城県東和町。



第1図 全国各地のゲンジボタルの外部形態と色彩斑紋パターン。

46. 宮城県東和町, 47. 宮城県東和町(♀), 48. 青森県青森市, 49~50. 青森県弘前市。

## 結果

### 各地のゲンジボタルの色彩斑紋パターン

横須賀市自然博物館に所蔵されている全国各地のゲンジボタル乾燥標本のなかから、各地域の特徴を示すと推定された資料を50個体(第1図)選択し、前胸背の色彩斑紋パターンを観察した結果は以下の通りである。熊本県旭志村: 錨紋型で前方が広がり、縦条は太い。熊本県旭志村(♀): 山の字型で中央の縦条は細い。熊本県阿蘇町: 錨紋型。熊本県阿蘇町(♀): 十字紋型で後方左右に小薄紋。熊本県山鹿市: 阿蘇町の♀と同様。熊本県人吉市: 太い錨紋型。福岡県筑後市舟小屋: 錨紋型。大分県飯田町: 十字紋型、大分県飯田町(♀): 細い縦条の中央前寄りに小逆三角形の斑紋。宮城県北川町: 十字紋型であるが、中央の紋は薄い。鹿児島県薩摩郡入来町: 太い錨紋型で中央前寄りの紋は丸くひろがる。長崎県対馬厳原: 山の字型で前方は半円に広がった大紋となり、境界は不明瞭。香川県塩江町: 十字紋型で後方に細く薄い横紋がある。高知県大野見村: 錨紋型、高知県大野見村(♀): 十字紋型。16. 山口県豊田町: 十字紋型で後縁両側に薄い小紋がある。山口県山口市: 十字紋型、島根県隠岐: 十字紋型。岡山県

哲多町: 錨紋型であるが、後方の紋は細く薄い。京都府清滝川: 十字紋型、京都府清滝川(♀): 十字紋型であるが後縁に1対の薄い小紋がある。長野県松本市: 十字紋型であるが、中央の紋は菱形、他の個体では十字紋型で後縁に一の字の紋がある。長野県石ノ湯: 十字紋型であるが、後方に1対の薄い小紋がある。長野県辰野町: 十字紋型であるが後縁に一の字型の紋がある。岐阜県多治見市: 太い錨紋型。岐阜県多治見市(♀): 錨紋型であるが、中央の縦条は太く、中央では丸く広がる。山梨県清里: 十字紋型であるが中央の紋は逆三角形。山梨県下部町: 山の字型で縦条は前縁に達していない。神奈川県秦野市: 個体変異大きい。前縁に痕跡的な十字紋があり、縦条は中央で途切れる。別の個体では縦条が細く、中央では薄く小さい逆三角形を呈している。神奈川県秦野市(♀): 中央縦条は細い。中央には1対の小斑紋がある。神奈川県横浜市舞岡: 山の字型。神奈川県横浜市舞岡(♀): 細い十字紋型。神奈川県逗子市池子: 前方が広がり、後方には1対の小紋がある。神奈川県横須賀市山中町: 縦条は細く、中央にハート型の小紋がある。神奈川県横須賀市野比: 薄い十字紋型。十字紋型であるが、縦条は細く痕跡的。後縁に1対の痕跡的紋がある。神奈川県横須賀市野比鏡田谷戸: 同前。神奈川県厚木

市：細い痕跡的な縦線がある。群馬県吾妻郡東村：無紋型。山形県湯瀬町：無紋型。山形県米沢市小野川：十字紋型。山形県米沢市小野川(♀)：十字紋型であるが縦条は細く中央斑紋は逆三角形。宮城県東和町：十文字型で後縁に一字型の紋がある。他個体は同じ斑紋であるが薄い。宮城県東和町(♀)：無紋型。青森県青森市(♀)：無紋型、青森県弘前市：個体変異大きい。1) 痕跡型, 2) 前縁小紋型, 3) 十文字型で後方に一對の小紋がある, 4) 前縁から中央にかけて細い縦線があり, 左右中央に小紋がある。

外部形態

全国各地のゲンジボタル乾燥標本について前胸背板の幅(PW)・長さ(PL)・体長(BL)・体幅(BW)・上翅長(EL)・頭幅(HW)・複眼幅(CW)の計測結果を第1表に示す。

雄：測定値中でPWが最小であるのは2.93 mmの神奈川県逗子市の集団であり, 最大であるのは4.13 mmの山梨県下部町の個体である。大型のPWは小型のPWの約1.4倍である。PLの最大値は山形県湯瀬の2.34 mm, 最小値は横浜市舞岡の1.63 mmである。ELの最大値は群馬県東村の11.77 mm, 最小値は横浜市舞岡の9.16 mmであり, 大型は小型の1.3倍である。BLの最大値は群馬県東村の14.6 mm, 最小値神奈川県逗子市の10.69 mmである。

雌：測定値中でPWが最も小型であるのは3.82 mmで山梨県清里の個体であり, 最も大型であるのは5.21 mmの宮城県東和町の個体である。大型のPWは小型のPWの約1.4倍である。PLの最大値は神奈川県厚木市の3.06 mm, 最小値は高知県大野見村の2.03 mmである。ELの最大値は神奈川県秦野市の15.39 mm, 最小値は京都市

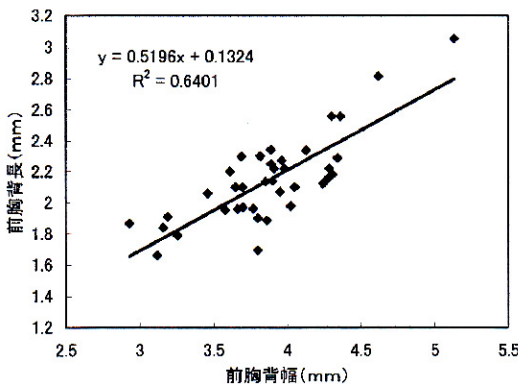
第1表 ゲンジボタル各地個体の体の大きさ。

体長・体幅・上翅長・前胸背長・前胸背幅・頭幅・複眼幅の計測値単位は mm.

性	採集地	体長(BL)	体幅(BW)	上翅長(EL)	前胸背長(PL)	前胸背幅(PW)	頭幅(HW)	複眼幅(CW)	BW/BL	PW/EL	PL/PW	CW/HW
♂	福岡県舟小屋19940601	14.124	4.737	10.742	2.100	4.054	2.440	0.843	0.335	0.377	0.518	0.345
♂	熊本県旭志村0531		5.255	11.488	2.069	3.887				0.338	0.532	
♂	熊本県旭志村19870605	12.245	4.811	10.298	1.935	3.664			0.393	0.356	0.528	
♂	熊本県山鹿市19890529	12.386	5.282	10.094	2.100	3.649			0.426	0.362	0.576	
♂	熊本県阿蘇町19870604	14.521	5.261	11.042	2.133	4.086		0.948	0.362	0.370	0.522	
♂	大分県飯田町19860705	13.312	4.190	10.527	2.151	3.579			0.315	0.340	0.601	
♂	鹿児島県入来町19800606	12.315	4.449	9.994	1.953	3.580			0.361	0.358	0.546	
♂	山口県山口市	13.264	5.221	10.847	1.978	4.024			0.394	0.371	0.492	
♂	山口県豊田町19760528		4.816	10.731	2.135	3.853				0.359	0.554	
♂	鳥根県隠岐19910625		4.135	9.236	1.790	3.257				0.353	0.550	
♂	岡山県哲多町19980616		4.611	10.604	1.962	3.768				0.355	0.521	
♂	高知県大野見村19870707	12.081	4.372	9.790	1.773	3.330			0.362	0.340	0.532	
♂	高知県大野見村19870707	12.081	4.372	9.790	1.773	3.330			0.362	0.340	0.532	
♂	香川県塩江町19900524	12.193	5.055	10.538	1.695	3.800			0.415	0.361	0.446	
♂	長野県松本市19910628	12.511	4.512	2.099		3.695			0.361		0.568	
♂	長野県辰野町19830704		5.057	10.717	1.887	3.862				0.360	0.489	
♂	長野県松本市19900703		5.081	10.539	1.884	3.662				0.349	0.512	
♂	長野県石の湯19860906	12.278	5.551	10.305	1.960	3.662			0.452	0.355	0.535	
♂	山梨県下部町19860627	14.048	4.865	11.527	2.338	4.129			0.346	0.358	0.566	
♂	神奈川県秦野市19800604	12.239	4.775	9.768	1.966	3.574	2.507	0.811	0.390	0.366	0.550	0.323
♂	神奈川県秦野市19800604	13.708	4.470	10.660	2.265	3.615	2.589	0.844	0.326	0.339	0.627	0.326
♂	横浜市舞岡19830616	11.008	4.033	9.160	1.632	3.241			0.366	0.354	0.504	
♂	神奈川県逗子市19920618	10.692	3.941		1.867	2.932			0.369		0.637	
♂	横須賀市山中町19830607	12.656	4.379	9.994	1.801	3.453	2.321	0.737	0.346	0.346	0.522	0.318
♂	群馬県東村19860701	14.643	5.099	11.773	2.273	3.962	2.585	0.935	0.348	0.337	0.574	0.362
♂	山形県米沢市19850713	14.220	4.754	10.994	2.067	3.808			0.334	0.346	0.543	
♂	山形県湯瀬町19860718	14.374	5.254	11.519	2.344	3.888			0.366	0.338	0.603	
♂	宮城県東和町19850709	12.606	3.760	10.022	2.006	3.290	2.119	0.629	0.298	0.328	0.610	0.297
♂	宮城県東和町19850709	12.161	3.896	9.277	1.973	3.163	2.311	0.778	0.320	0.341	0.624	0.337
	平均値	12.855	4.689	10.444	1.997	3.649	2.410	0.816	0.363	0.352	0.549	0.330
	最大値	14.643	5.551	11.773	2.344	4.129	2.589	0.948	0.452	0.377	0.637	0.362
	最小値	10.692	3.760	9.160	1.632	2.932	2.119	0.629	0.298	0.328	0.446	0.297
	標準偏差	1.093	0.481	0.704	0.184	0.302	0.171	0.104	0.037	0.012	0.045	0.021
	数値数	23	29	27	29	29	7	8	23	27	29	7

♀	大分県飯田町19860705	16.705	6.514	13.276	2.961	5.001			0.390	0.377	0.592	0.324
♀	熊本県旭志村19870605	16.987	6.706	14.961	2.467	5.106			0.395	0.341	0.483	
♀	熊本県阿蘇町19870604	14.841	6.015	12.803	2.381	4.598			0.405	0.359	0.518	0.303
♀	高知県大野見村19870707	14.265	5.082	12.246	2.033	4.344			0.356	0.355	0.468	0.399
♀	高知県大野見村19870707	14.265	5.082	12.246	2.033	4.344			0.356	0.355	0.468	
♀	京都市清滝川19830627	13.879	5.082	10.553	2.221	4.286	2.343	0.760	0.366	0.406	0.518	0.305
♀	山梨県清里19820620	13.984	4.947	11.108	2.301	3.815			0.354	0.343	0.603	
♀	神奈川県秦野市19800604		5.837	15.393	2.439	4.548	2.373	0.720		0.295	0.536	
♀	神奈川県秦野市19800604	14.280	5.648	11.589		4.062	2.370	0.945	0.396	0.351	0.000	
♀	横浜市舞岡19830616	14.005	5.447	11.782	2.304	4.160			0.389	0.353	0.554	
♀	横須賀市山中町19830607	14.726	5.752	11.912	2.334	4.439	2.297	0.701	0.391	0.373	0.526	
♀	神奈川県厚木市19840630		6.598	13.911	3.056	5.129				0.369	0.596	
♀	東京都19580623	15.911	6.448	13.070	2.818	4.617			0.405	0.353	0.610	0.333
♀	山形県米沢市19850713	14.336	5.650	12.097	2.374	4.154			0.394	0.343	0.571	0.398
♀	宮城県東和町19850709		7.140	14.231	2.780	5.210				0.366	0.534	0.305
♀	青森県浅虫19900821	14.197	5.430		2.183	4.307			0.382		0.507	0.317
	平均値	14.799	5.836	12.745	2.446	4.508	2.346	0.782	0.383	0.356	0.505	0.336
	最大値	16.987	7.140	15.393	3.056	5.210	2.373	0.945	0.405	0.406	0.610	0.399
	最小値	13.879	4.947	10.553	2.033	3.815	2.297	0.701	0.354	0.295	0.000	0.303
	標準偏差	1.050	0.673	1.395	0.318	0.414	0.035	0.112	0.019	0.024	0.142	0.040
	数値数	13	16	15	15	16	4	4	13	15	16	8
♀奇形	熊本県旭志村19850528	14.38										
♀奇形	神奈川県横浜市19830616	11.292										

清滝川の10.55 mmであり、大型は小型の1.5倍である。BLの最大値は熊本県旭志村の16.99 mm、最小値は京都市清滝川の13.88 mmであり、大型は小型の1.2倍である。各地の雌の前胸背幅と長さの関係を示す。また、17地点のゲンジボタル雌個体の前胸背幅を第7図に示す。各地域ごとに変異が大きく、全体として各地の明瞭な差異は認められない。



第2図 各地のゲンジボタル雄の大きさ。

各地の雄個体の前胸背幅と長さを第2図に示した。また各生息地別に前胸背の幅を第5図に示した。

次に福岡県・熊本県・長崎県・宮崎県・鹿児島

県・新潟県・岐阜県・神奈川県・青森県の各地域集団の雄（各3～27個体）について前胸背幅(PW)と前胸長(PL)を計測した結果を第2表に示す。各地域集団のPWおよびPLの最大・最小・平均値を以下に参考までに示した。

測定個体数が一定でないため、変異幅は同じようには比較できないが、大きい個体と小さい個体とでは1.5倍ほどの相違が認められる。雌のPL/PWは雄よりも明かに低い値を示し、前胸背板が雄よりも大型かつ横長である。

福岡県北九州市：PWの最大値が4.18 mm、最小値が2.78 mmであり、大型は小型の約1.5倍である。PLの最大値が2.46 mm、最小値が1.63 mmであり、大型は小型の約1.5倍である。PWの平均値は3.45 mm、PLは1.97 mm、PL/PWは0.57 (n=24)である。

長崎県対馬：PWの最大値が3.90 mm、最小値が2.53 mmであり、大型は小型の約1.5倍である。PLの最大値が2.26 mm、最小値が1.51 mmであり、大型は小型の約1.5倍である。PWの平均値は3.16 mm、PLは1.84 mm、PL/PWは0.58 (n=24)である。雌：PWの最大値が4.97 mm、最小値が3.57 mmであり、大型は小型の約1.4倍である。PLの最大値が2.30 mm、最小値が1.60 mmであり、大型は小型の約1.4



倍である。PWの平均値は4.25 mm, PLは1.98 mm, PL/PWは0.47 (n=24)である。

宮崎県北川町: PWの最大値が3.84 mm, 最小値が3.17 mmであり, 大型は小型の約1.2倍である。PLの最大値が2.38 mm, 最小値が1.74 mmであり, 大型は小型の約1.4倍である。PWの平均値は3.46 mm, PLは2.06 mm, PL/PWは0.59 (n=6)である。

鹿児島県宮之城町: PWの最大値が3.78 mm, 最小値が3.39 mmであり, 大型は小型の約1.1倍である。PLの最大値が2.23 mm, 最小値が1.75 mmであり, 大型は小型の約1.3倍である。PWの平均値は3.61 mm, PLは1.98 mm, PL/PWは0.55 (n=3)である。

新潟県糸魚川市: PWの最大値が4.09 mm, 最小値が3.14 mmであり, 大型は小型の約1.3倍である。PLの最大値が2.54 mm, 最小値が1.76 mmであり, 大型は小型の約1.4倍である。PWの平均値は3.69 mm, PLは2.30 mm, PL/PWは0.62 (n=13)である。

岐阜県多治見市: PWの最大値が4.41 mm, 最小値が3.51 mmであり, 大型は小型の約1.3倍である。PLの最大値が2.66 mm, 最小値が1.68 mmであり, 大型は小型の約1.6倍である。PWの平均値は3.90 mm, PLは2.14 mm, PL/PWは0.55 (n=9)である。

神奈川県横須賀市: PWの最大値が3.93 mm, 最小値が2.72 mmであり, 大型は小型の約1.4倍である。PLの最大値が2.35 mm, 最小値が1.37 mmであり, 大型は小型の約1.7倍である。PWの平均値は3.19 mm, PLは1.91 mm, PL/PWは0.60 (n=27)である。

青森県弘前市: PWの最大値が4.57 mm, 最小値が3.11 mmであり, 大型は小型の約1.5倍である。PLの最大値が2.70 mm, 最小値が2.01 mmであり, 大型は小型の約1.3倍である。PWの平均値は3.61 mm, PLは2.20 mm, PL/PWは0.61 (n=27)である。

の多治見市と鹿児島県宮之城町の集団であり, 最も大きかったのは0.62の新潟県糸魚川市の集団である(第3図)。

各地域集団のPWとPLの関係は第3図に示した。外部形態の変異は連続し, 西日本と東日本の集団との間に明瞭な差異は認められなかった。しかし, 西日本の集団は外部形態において集団内での変異が大きいものの, 特に雌において大型の個体が多く含まれたが, 平均値では有意な差は認められなかった(第2表)。

発光パターンを解析した各地の集団について, 雄成虫の前胸背の大きさを比較した結果, 両生態型は各集団の個体変異幅を超えて外部形態からは区別できなかった。しかし, 前胸背の幅と長さの関係において, 近似式が集団ごとに異なっていた(第3図)。また, これらの集団の前胸背幅と長さを第4図に示した。各集団に僅かな変異が認められるが, 有意な差は認められなかった。また, 全国各地の雄個体について前胸背の大きさを測定した(第5図)。

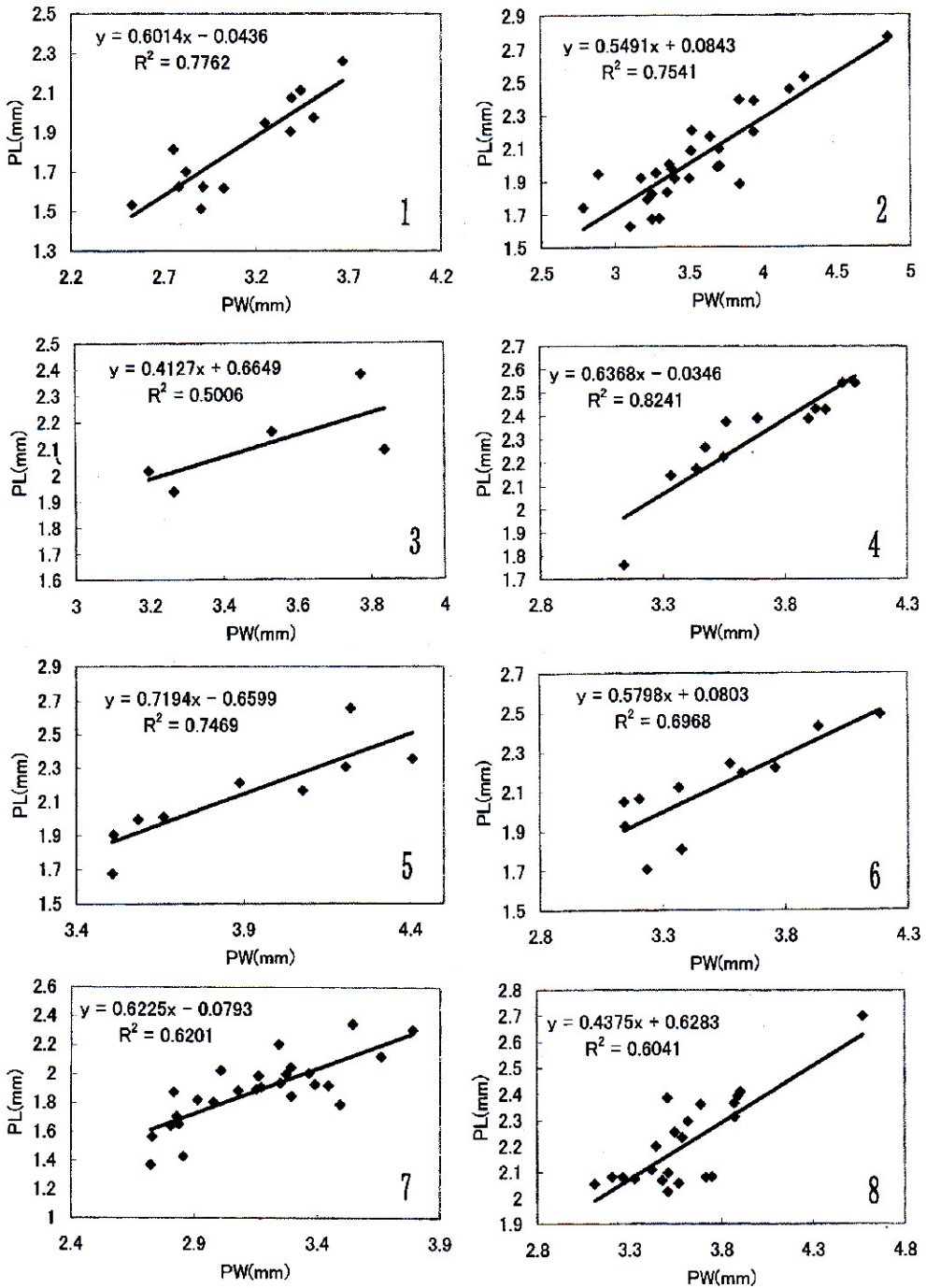
## 分布

ゲンジボタルの生息地(第1表)は湧水源・用水路・河川を中心とした流水域(第19図)に生息し, 低地から標高1600 m前後まで分布し, 青森県が分布の北限となっている。西日本型ゲンジボタルは岐阜県多治見市から長野県辰野町, 新潟県越路町を結ぶ地域より西側に, 東日本型ゲンジボタルはそれより東側の新潟県越路町, 長野県茅野市, 愛知県豊橋市に分布し, 新潟県長岡市・山梨県芝川町では両型の中間型に相当する集団が分布する。

## 発消長

ゲンジボタルは5月中旬(鹿児島県)から7月下旬(青森県弘前市・長野県茅野市)まで記録されているが, 標高や緯度の違いにより出現期は異なる(第1表)。最盛期は年によって異なるが, 通常は7月中旬ごろである。神奈川県横須賀市における出現期を第2表に示した。横須賀市では通

PL/PWの平均値が最も小さかった集団は0.55



第3図 ゲンジボタル8集団の個体の大きさ。

1 集団について5～20個体計測して作成。PW:前胸背板の幅, PL:前胸背板の長さ

1. 長崎県対馬, 2. 福岡県北九州市, 3. 宮崎県北川町, 4. 長野県茅野市, 5. 新潟県糸魚川市, 6. 岐阜県多治見市, 7. 神奈川県横須賀市, 8. 青森県弘前市。

第2表 各地のゲンジボタル集団の前胸背長と幅.

性	採集地	前胸背長(PL)	前胸背幅(PW)	PL/PW
♂	北九州市道春197806	1.950	3.276	0.595
♂	北九州市道春197806	1.790	3.217	0.558
♂	北九州市道春197806	2.096	3.703	0.566
♂	北九州市道春197806	2.458	4.185	0.587
♂	北九州市道春197806	1.917	3.501	0.548
♂	北九州市道春197806	2.395	3.843	0.623
♂	北九州市道春197806	1.992	3.706	0.538
♂	北九州市道春197806	1.669	3.247	0.514
♂	北九州市道春197806	1.674	3.297	0.508
♂	北九州市道春197806	1.625	3.099	0.524
♂	北九州市道春197806	2.198	3.938	0.558
♂	北九州市道春197806	1.915	3.403	0.563
♂	北九州市道春197806	2.002	3.366	0.595
♂	北九州市道春197806	1.823	3.247	0.561
♂	北九州市道春197806	1.972	3.385	0.583
♂	北九州市道春197806	1.986	3.693	0.538
♂	北九州市道春197806	1.921	3.173	0.605
♂	北九州市道春197806	1.946	2.887	0.674
♂	北九州市道春197806	1.882	3.843	0.490
♂	北九州市道春197806	2.084	3.514	0.593
♂	北九州市道春197806	1.742	2.782	0.626
♂	北九州市道春197806	1.833	3.351	0.547
♂	北九州市道春197806	2.207	3.520	0.627
♂	北九州市道春197806	2.169	3.642	0.596
平均値		1.969	3.451	0.571
最大値		2.458	4.185	0.674
最小値		1.625	2.782	0.490
標準偏差		0.212	0.330	0.043
数値数		24	24	24
♀	北九州市道春197806	2.386	3.941	0.605
♀	北九州市道春197806	2.529	4.286	0.590
♀	北九州市道春197806	2.771	4.853	0.571
平均値		2.562	4.360	0.589
最大値		2.771	4.853	0.605
最小値		2.386	3.941	0.571
標準偏差		0.195	0.460	0.017
数値数		3	3	3
♂	熊本県人吉市19870603	1.660	3.116	0.533
♀	熊本県人吉市19870603	2.743	5.056	0.543
♂	長崎県対馬19900617	2.053	3.901	0.526
♂	長崎県対馬19830703	2.113	3.440	0.614
♂	長崎県対馬19830703	2.261	3.667	0.617
♂	長崎県対馬19830703	1.947	3.248	0.599
♂	長崎県対馬19830703	1.513	2.902	0.521
♂	長崎県対馬19830703	1.625	2.780	0.585
♂	長崎県対馬19830703	1.815	2.751	0.660
♂	長崎県対馬19830703	1.534	2.528	0.607
♂	長崎県対馬19830703	1.624	2.913	0.558
♂	長崎県対馬19830703	1.617	3.025	0.535
♂	長崎県対馬19830703	1.904	3.385	0.562
♂	長崎県対馬19830703	1.701	2.819	0.603
♂	長崎県対馬19830703	1.974	3.508	0.563
♂	長崎県対馬19830703	2.074	3.391	0.612
平均値		1.840	3.161	0.583
最大値		2.261	3.901	0.660
最小値		1.513	2.528	0.521
標準偏差		0.240	0.401	0.040
数値数		14	14	14
♀	長崎県対馬19830703	2.064	4.013	0.514
♀	長崎県対馬19830703	1.597	3.565	0.448
♀	長崎県対馬19830703	1.977	3.958	0.499
♀	長崎県対馬19830703	2.300	4.474	0.514
♀	長崎県対馬19830703	1.997	4.525	0.441
♀	長崎県対馬19830703	1.946	4.978	0.391

平均値		1.980	4.252	0.468
最大値		2.300	4.978	0.514
最小値		1.597	3.565	0.391
標準偏差		0.227	0.503	0.050
数値数		6	6	6
♂	宮崎県北川町19890615	2.016	3.198	0.630
♂	宮崎県北川町19890615	1.938	3.266	0.593
♂	宮崎県北川町19890615	2.379	3.774	0.630
♂	宮崎県北川町19890615	2.164	3.533	0.613
♂	宮崎県北川町19890615	2.094	3.838	0.546
♂	宮崎県北川町199606	1.737	3.168	0.548
平均値		2.055	3.463	0.593
最大値		2.379	3.838	0.630
最小値		1.737	3.168	0.546
標準偏差		0.217	0.296	0.039
数値数		6	6	6
♂	鹿児島県宮之城町1999	1.965	3.778	0.520
♂	鹿児島県宮之城町1999	1.747	3.392	0.515
♂	鹿児島県宮之城町1999	2.227	3.653	0.610
平均値		1.980	3.608	0.548
最大値		2.227	3.778	0.610
最小値		1.747	3.392	0.515
標準偏差		0.240	0.197	0.053
数値数		3	3	3
♀	鹿児島県宮之城町1999	2.123	4.243	0.500
♂	新潟県糸魚川市198806	2.147	3.333	0.644
♂	新潟県糸魚川市198806	2.176	3.438	0.633
♂	新潟県糸魚川市198806	2.391	3.689	0.648
♂	新潟県糸魚川市198806	2.375	3.561	0.667
♂	新潟県糸魚川市198806	1.761	3.141	0.561
♂	新潟県糸魚川市198806	2.226	3.548	0.627
♂	新潟県糸魚川市198806	2.266	3.474	0.652
♂	新潟県糸魚川市198806	2.389	3.899	0.613
♂	新潟県糸魚川市198806	2.542	4.089	0.622
♂	新潟県糸魚川市198806	2.541	4.038	0.629
♂	新潟県糸魚川市198806	2.431	3.928	0.619
♂	新潟県糸魚川市198806	2.428	3.968	0.612
♂	新潟県糸魚川市197605	2.226	3.887	0.573
平均値		2.300	3.892	0.623
最大値		2.542	4.089	0.667
最小値		1.761	3.141	0.561
標準偏差		0.207	0.299	0.030
数値数		13	13	13
♂	岐阜県多治見市199461	2.213	3.889	0.569
♂	岐阜県多治見市199461	1.905	3.512	0.542
♂	岐阜県多治見市199461	1.995	3.584	0.557
♂	岐阜県多治見市199461	2.009	3.660	0.549
♂	岐阜県多治見市199461	2.657	4.221	0.629
♂	岐阜県多治見市199461	2.168	4.077	0.532
♂	岐阜県多治見市199461	2.307	4.206	0.549
♂	岐阜県多治見市199461	2.356	4.407	0.535
♂	岐阜県多治見市199461	1.676	3.565	0.470
平均値		2.143	3.902	0.548
最大値		2.657	4.407	0.629
最小値		1.676	3.512	0.470
標準偏差		0.286	0.336	0.041
数値数		9	9	9
♀	岐阜県多治見市199461	2.660	5.084	0.523
♀	岐阜県多治見市199461	1.730	3.422	0.506

♂	横須賀市野比19800610	2.345	3.542	0.662
♂	横須賀市野比19800610	1.938	3.249	0.596
♂	横須賀市野比19800610	2.124	3.658	0.581
♂	横須賀市野比19800610	1.854	2.836	0.583
♂	横須賀市野比19800810	1.922	3.445	0.558
♂	横須賀市野比19800610	2.007	3.366	0.596
♂	横須賀市野比19800610	2.204	3.243	0.680
♂	横須賀市野比19800610	2.000	3.274	0.611
♂	横須賀市野比19800610	1.430	2.854	0.501
♂	横須賀市野比19800610	1.821	2.912	0.625
♂	横須賀市野比19800610	1.804	2.978	0.606
♂	横須賀市野比19800610	2.306	3.788	0.609
♂	横須賀市野比19800610	2.046	3.292	0.622
♂	横須賀市野比19800610	1.885	3.078	0.612
♂	横須賀市野比19800610	1.708	2.827	0.604
♂	横須賀市野比19880628	1.847	3.294	0.581
♂	横須賀市野比19880628	1.643	2.803	0.586
♂	横須賀市野比19880628	1.568	2.728	0.575
♂	横須賀市野比19880628	1.929	3.390	0.569
♂	横須賀市野比19880628	1.875	2.815	0.666
♂	横須賀市野比19880628	1.372	2.722	0.504
♂	横須賀市野比19880628	1.895	3.153	0.801
♂	横須賀市野比19880628	1.987	3.161	0.629
♂	横須賀市野比19890618	1.908	3.171	0.602
♂	野比鏡田19950615	1.790	3.493	0.512
♂	横須賀市野比19860615	2.282	3.934	0.580
♂	横須賀市野比19870614	2.148	3.047	0.705
	平均値	1.905	3.187	0.598
	最大値	2.345	3.934	0.705
	最小値	1.372	2.722	0.501
	標準偏差	0.246	0.326	0.048
	数値数	27	27	27

♂	青森県弘前市19850711	2.110	3.422	0.617
♂	青森県弘前市19850711	2.361	3.689	0.640
♂	青森県弘前市19850711	2.098	3.511	0.598
♂	青森県弘前市19850711	2.081	3.715	0.560
♂	青森県弘前市19850711	2.082	3.208	0.649
♂	青森県弘前市19850711	2.393	3.890	0.615
♂	青森県弘前市19850711	2.385	3.507	0.680
♂	青森県弘前市19850711	2.055	3.112	0.660
♂	青森県弘前市19850711	2.200	3.445	0.639
♂	青森県弘前市19850711	2.075	3.329	0.623
♂	青森県弘前市19850711	2.083	3.749	0.556
♂	青森県弘前市19850711	2.083	3.749	0.556
♂	青森県弘前市19850711	2.366	3.872	0.611
♂	青森県弘前市19850711	2.410	3.905	0.617
♂	青森県弘前市19850711	2.234	3.588	0.623
♂	青森県弘前市19850711	2.058	3.569	0.577
♂	青森県弘前市19850711	2.069	3.479	0.595
♂	青森県弘前市19850711	2.296	3.619	0.634
♂	青森県弘前市19850711	2.081	3.264	0.638
♂	青森県弘前市19850711	2.025	3.510	0.577
♂	青森県弘前市19850711	2.313	3.873	0.597
♂	青森県弘前市19850711	2.255	3.548	0.636
♂	青森県弘前市19850711	2.701	4.573	0.591
♂	青森県弘前市19850611	2.009	3.420	0.587
♂	青森県弘前市19850611	2.153	3.413	0.631
♂	青森県弘前市19850611	2.265	3.786	0.598
♂	青森県弘前市19850611	2.099	3.632	0.578
	平均値	2.198	3.607	0.610
	最大値	2.701	4.573	0.680
	最小値	2.009	3.112	0.556
	標準偏差	0.163	0.285	0.032
	数値数	27	27	27

常6月10日頃を中心とする約10日間が発生期となるが、気温変化によって変動し、1998年は5月中旬が最盛期となり、下旬には発生を終え、例年と比較すると約2週間早かった。同じ地域であっても、標高が高くなるに従い、発生期は遅

れ、緯度が高くなるほど発生期は遅れる。

### 活動習性と発光パターン

各地のゲンジボタルの活動習性・照度・気温・探雌飛翔行動時(第8図)における発光パターン(第9図)とその経時変化などの観察結果を第3, 4表と資料1~12に示す。神奈川県横須賀市における経時・日・年変化は第12図に示した。発光パターンは条件が変動してもほぼ一定であった。1998年5月27日(15℃)に19:18~20:16および1999年5月26日(18℃)19:42~20:04まで発光パターンを観察した結果を第10図に示した。気温や時間が相違しても雄の飛翔発光間隔は大きな変動を示さなかった。さらに経日変化は1998年5月13日~6月10日まで観察したが、発生初期と後期とで雄の飛翔発光間隔に明瞭な差異が認められなかった(第11図)。1990年~2000年における飛翔発光間隔では、有意な年変動は認められなかった(第12図)。

全国各地のゲンジボタルの発光行動・照度・気温・発光パターンなどの観察結果(第13図, 第4表)は以下のとおりである。

### 長崎県対馬

1990年6月18日

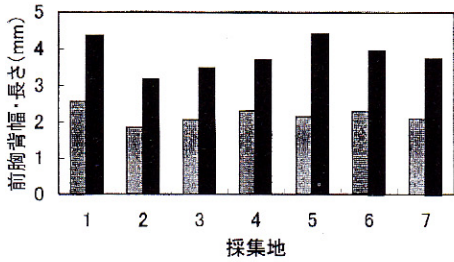
川幅約15m, 水深20cm, 川底は砂礫で、両岸には植物が繁茂する。部分的にこの植物が川面を被い、暗い空間を形成している。日没後、両岸の植物の葉で発光を開始し、20:00には集団同時明滅が明瞭に認められた。発光個体密度は非常に高かった。発光間隔は他地域集団に比較しても非常に短かった。同日の発光パターンは以下の通りである。

20:17 雄の飛翔発光間隔(以後Iとする)は平均1.85秒(n=5, s=0.10)である。発光持続時間(以後Dとする)は0.71秒である。

20:27 Iは平均2.12秒(n=2), Dは0.55秒。

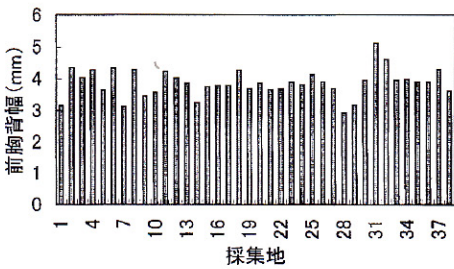
20:55 Iは平均1.90秒(n=6, s=0.05)。

20:57 Iは平均1.94秒(n=5), Dは0.65秒である。別の個体ではIは平均1.90秒(n=5, s=0.09), Dは0.6秒。



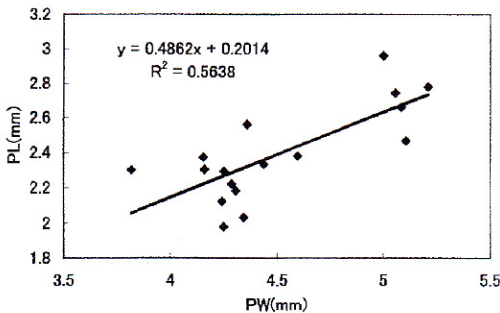
第4図 ゲンジボタル7集団の前胸背幅(灰色表示)と長さ(黒色表示)。

1. 北九州市小倉区道春, 2. 長崎県対馬, 3. 宮崎県北川町, 4. 新潟県糸魚川市, 5. 岐阜県多治見市, 6. 神奈川県横須賀市野比, 7. 青森県弘前市。

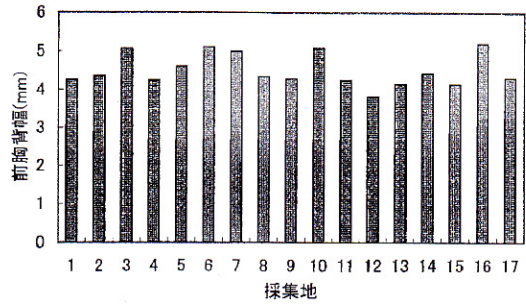


第5図 各地のゲンジボタル雄の前胸背幅比較。

1. 長崎県対馬, 2. 北九州市道春, 3. 福岡県舟小屋, 4. 熊本県旭志村, 5. 熊本県山鹿市, 6. 熊本県阿蘇町, 7. 熊本県人吉市, 8. 大分県飯田町, 9. 宮崎県北川町, 10. 鹿児島県入来町, 11. 鹿児島県宮之城町, 12. 山口県山口, 13. 山口県豊田町, 14. 島根県隠岐, 15. 岡山県哲多, 16. 高知県大野見村, 17. 香川県塩江町, 18. 京都市清滝川, 19. 長野県松本市, 20. 長野県辰野町, 21. 長野県石の湯, 22. 新潟県糸魚川市, 23. 岐阜県多治見市, 24. 山梨県清里, 25. 山梨県下部町, 26. 神奈川県秦野市, 27. 横浜市舞岡, 28. 神奈川県逗子市, 29. 横須賀市野比, 30. 神奈川県横須賀市山中町, 31. 神奈川県厚木市, 32. 東京都33. 群馬県吾妻郡東村, 34. 山形県米沢市, 35. 山形県湯瀬町, 36. 宮城県東和町, 37. 青森県青森市, 38. 青森県弘前市。

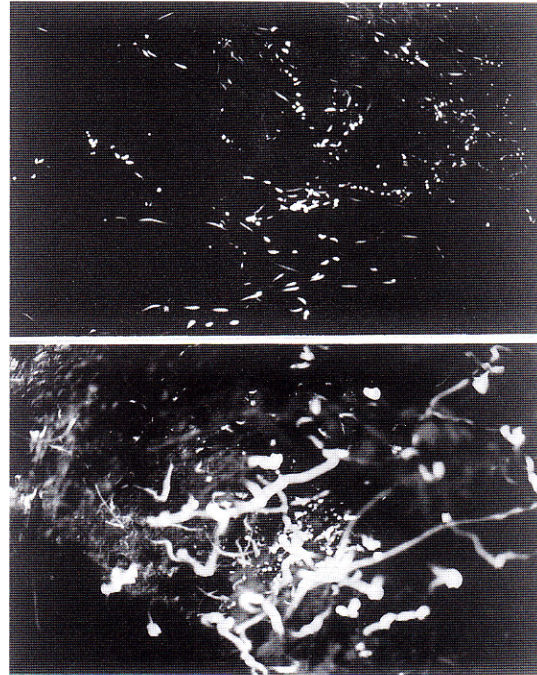


第6図 各地のゲンジボタル雌の前胸背幅と長さ。



第7図 各地のゲンジボタル雌の前胸背幅比較。

1. 長崎県対馬, 2. 北九州市道春, 3. 熊本県人吉市, 4. 鹿児島県宮之城町, 5. 熊本県阿蘇町, 6. 熊本県旭志村, 7. 大分県飯田町, 8. 高知県大野見村, 9. 京都市清滝川, 10. 岐阜県多治見市, 11. 長野県茅野市, 12. 山梨県清里, 13. 横浜市舞岡, 14. 横須賀市山中町, 15. 山形県米沢市, 16. 宮城県東和町, 17. 青森県青森市。

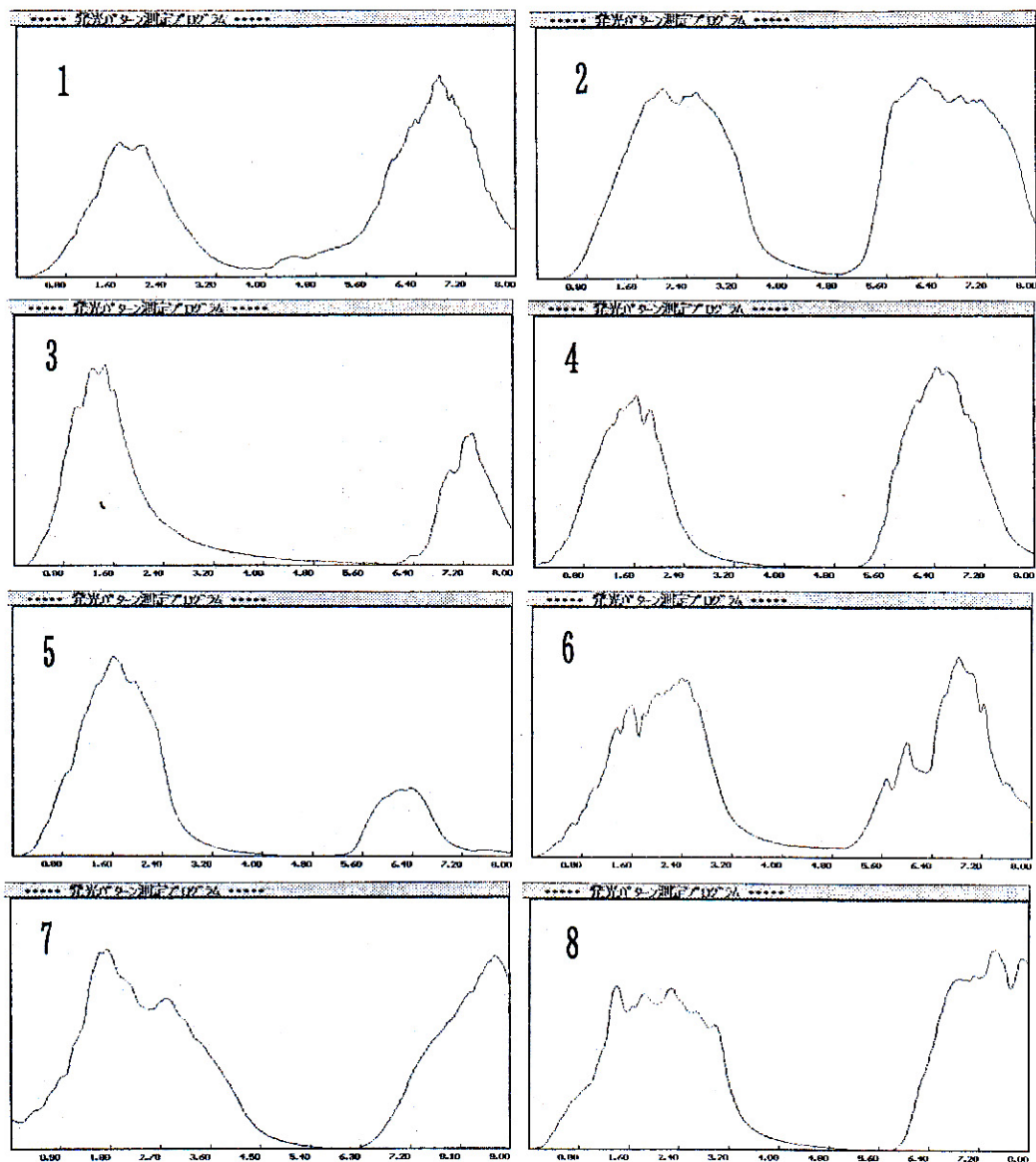


第8図 ゲンジボタルの採雌飛翔発光軌跡。  
上: 熊本県旭志村の集団, 下: 神奈川県横須賀市野比の集団。

21:00 ツシマヒメボタル発光

1990年6月19日

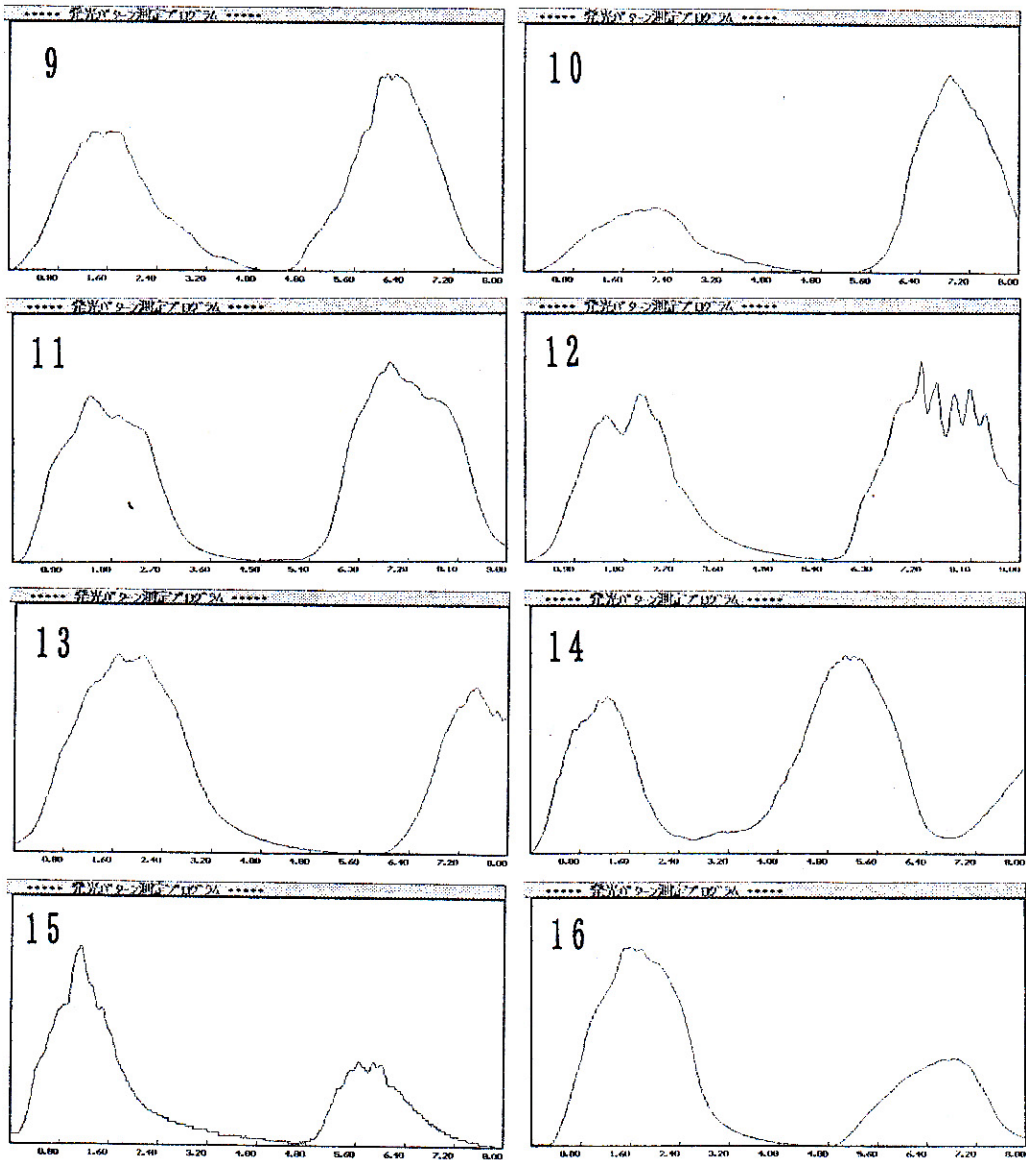
発光開始時刻は19:30前後であり, 20:00前後には明瞭な集団同時明滅が見られた。発光間隔は前日と同様に短かった。



第9図 神奈川県横須賀市野比におけるゲンジボタル雄の飛翔発光パターンの経時変化。

1.1999年5月23日 19:39, 2.1999年5月23日 19:57, 3.1999年5月26日 19:42, 4.1999年6月10日 20:16, 5.1999年6月12日 19:30, 6.1998年5月27日 19:25, 7.1998年5月27日 20:00, 8.1998年5月27日 20:16.

18:32	24.5℃	曇	20:03 Iは平均1.44秒 (n=6, s=0.05)。
19:07	23.8℃		20:28 Iは平均1.38秒 (n=6, s=0.008), Dは0.55秒。
	75 lx		20:28 Iは平均1.34秒 (n=6, s=0.05), Dは0.97秒。
19:34	0.91 lx	1個体発光	
19:59	0.34 lx	10個体	



第9図 神奈川県横須賀市野比におけるゲンジボタル雄の飛翔発光パターンの経時変化。

9. 1998年5月28日 19:30, 10. 1998年5月31日 19:30, 11. 1998年6月2日 19:40, 12. 1998年6月8日 19:28, 13. 1998年6月10日 19:28, 14. 1997年6月24日 20:06 20°C, 15. 1989年6月3日 19:30, 16. 1989年5月26日 20:04.

20:45 Iは平均1.41秒 (n=6, s=0), Dは0.54秒 (第13図-1)。

21:10 Iは平均1.38秒 (n=4, s=0.03), Dは0.53秒。

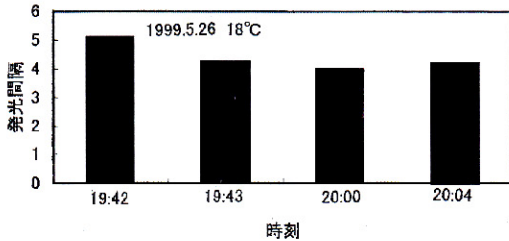
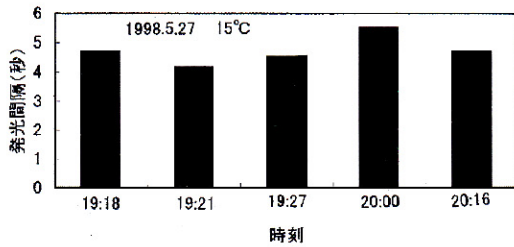
雄は草の根本で誘引発光シグナルを放つ雌を

探すために、20:30以降も群飛して発光点滅周期を同調させた(第13図, 第4表)。

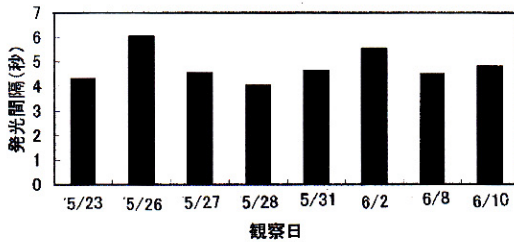
佐賀県小城町

1992年5月31日

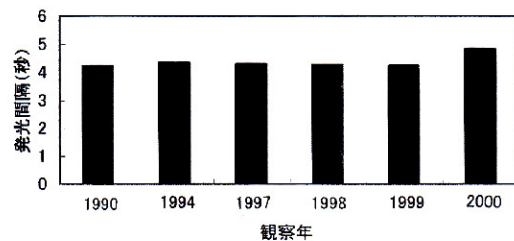
川幅約40m, 流域はヨシが繁茂しているが,



第10図 神奈川県横須賀市野比におけるゲンジボタル雄の発光間隔の経時変化. 上:1998年5月27日 15°C, 下:1999年5月26日18°C



第11図 神奈川県横須賀市野比におけるゲンジボタル雄の日経過に伴う飛翔発光間隔. 1998年5月23日~6月10日に記録. 1.5月23日, 2.5月26日, 3.5月27日, 4.5月28日, 5.5月31日, 6.6月2日, 7.6月8日, 8.6月10日.



第12図 神奈川県横須賀市野比におけるゲンジボタル雄の年経過に伴う飛翔発光間隔. 1990年~2000年の記録に基づいて作成. 1.1990年6月3日, 2.1994年6月17日, 3.1997年6月24日, 4.1998年5月23日, 5.1999年5月26日, 6.2000年6月6日.

水面上は開かれた空間となっている。発光密度は高く、雄の探雌飛翔発光時に明瞭な同時明滅が認められた。発光間隔と発光持続時間は以下の通りであり、対馬の集団より長かった。

20:05 Iは3.09秒 ( $n=4$ ,  $s=0.44$ ), Dは1.2秒 (第13図-2)。

20:07 Iは2.47秒 ( $n=5$ ,  $s=0.18$ ), Dは0.95秒。

別個体ではIが2.48秒 ( $n=7$ ,  $s=0.21$ ), Dは1.1秒。

更に別個体ではIが2.38秒 ( $n=7$ ,  $s=0.22$ ), Dは1.20秒。

#### 福岡県筑後市舟小屋

1994年5月31日

川幅は約50m、対岸に生える楠の木葉上で発光を開始して、次第に飛翔発光したが、水面へ飛び出さずに、樹木の暗い空間にとどまって発光していた。発光パターンは以下の通りである。

19:44 Iは平均2.56秒 ( $n=5$ ,  $s=0.07$ ), Dは1.3秒 (第13図-3)。

20:40 Iは平均2.83秒 ( $n=2$ ), Dは0.99秒。

#### 熊本県山鹿市

1989年5月29日

川幅約40m、河川敷には洲が生じ、ヨシなどの植物は繁茂していた。川の両側には道路があり、一方は自動車のヘッドライトによる照明の影響で発光行動が攪乱された。ゲンジボタルは両岸の草葉に止まって発光を開始し、次第に飛翔発光行動に移った。20:00前後には最盛期とな、明瞭な集団同時明滅が見られた。発光パターンは以下の通りであり、一目水源に近いパターンである。

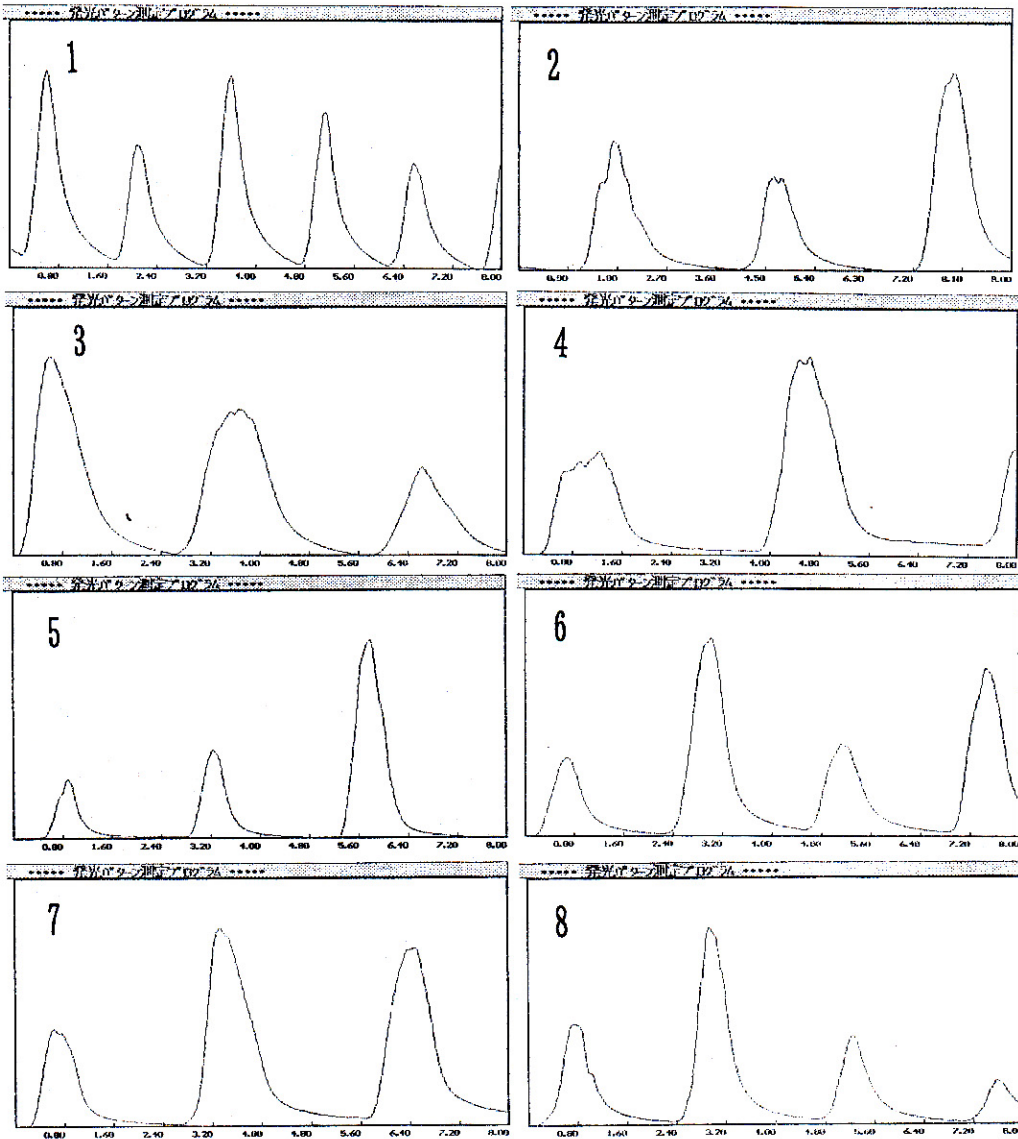
19:58 Iは2.79秒 ( $n=4$ ,  $s=0.16$ ), Dは0.84秒 (第13図-5)。

#### 熊本県山鹿市一目水源

1989年5月28日

地下水が豊富に湧き出しており、水面が広がった環境である。水源の石には苔が生え、植物に被われて暗く、深夜に雌の集団産卵行動が観察できた。同日は水辺の樹木に止まって発光する個体





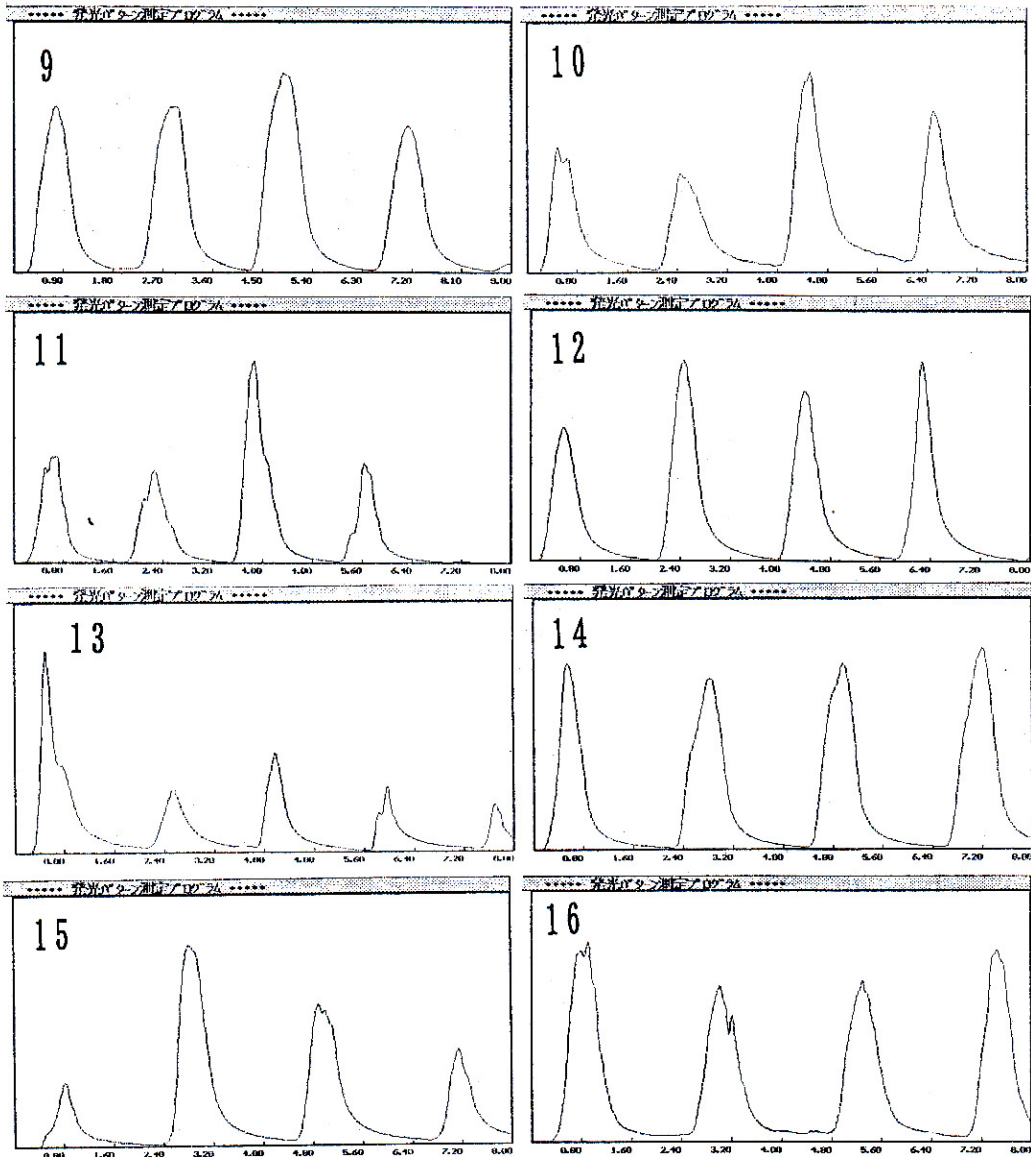
第13図 全国各地のゲンジボタル雄の探雌飛翔発光パターン。

1.長崎県対馬 1990年6月19日 20:45, 2.佐賀県小城町 1992年5月31日 20:06 3.福岡県筑後市舟小屋 1994年5月31日 19:44, 4~5.熊本県山鹿市 1989年5月28日 6.熊本県旭志村 1991年5月29日 20:23 19.5℃, 7.宮崎県綾町 1996年6月5日 21.5℃, 8.宮崎県北川町 1994年5月31日 20:25 18℃.

が多く、そのほとんどは雌個体である。時々、雄が水面上を飛翔発光し、個体密度は低かった。集団同時明滅は明瞭でなかった。

同地の照度および温度の経時変化は次の通りであった。

時刻	照度(lx)	気温(℃)
19:16	180	19.5
19:11	140	
19:24	70	18
19:30	30	18



第13図 9. 福岡県北九州市 1984年7月3日, 10. 高知県大野見村 1987年7月7日 20:53 22, 11. 山口県豊田町江良川 1983年6月25日 20:30 25°C, 12. 島根県隠岐 1991年6月24日 21:19, 13. 兵庫県扇ノ山 2000年7月29日, 14. 京都府清滝川 1994年6月28日, 15. 新潟県糸魚川市 1986年6月28日, 16. 岐阜県多治見市 1994年6月20日 20:17.

19:34	9	17
19:37	5	16.5
19:40	4	16

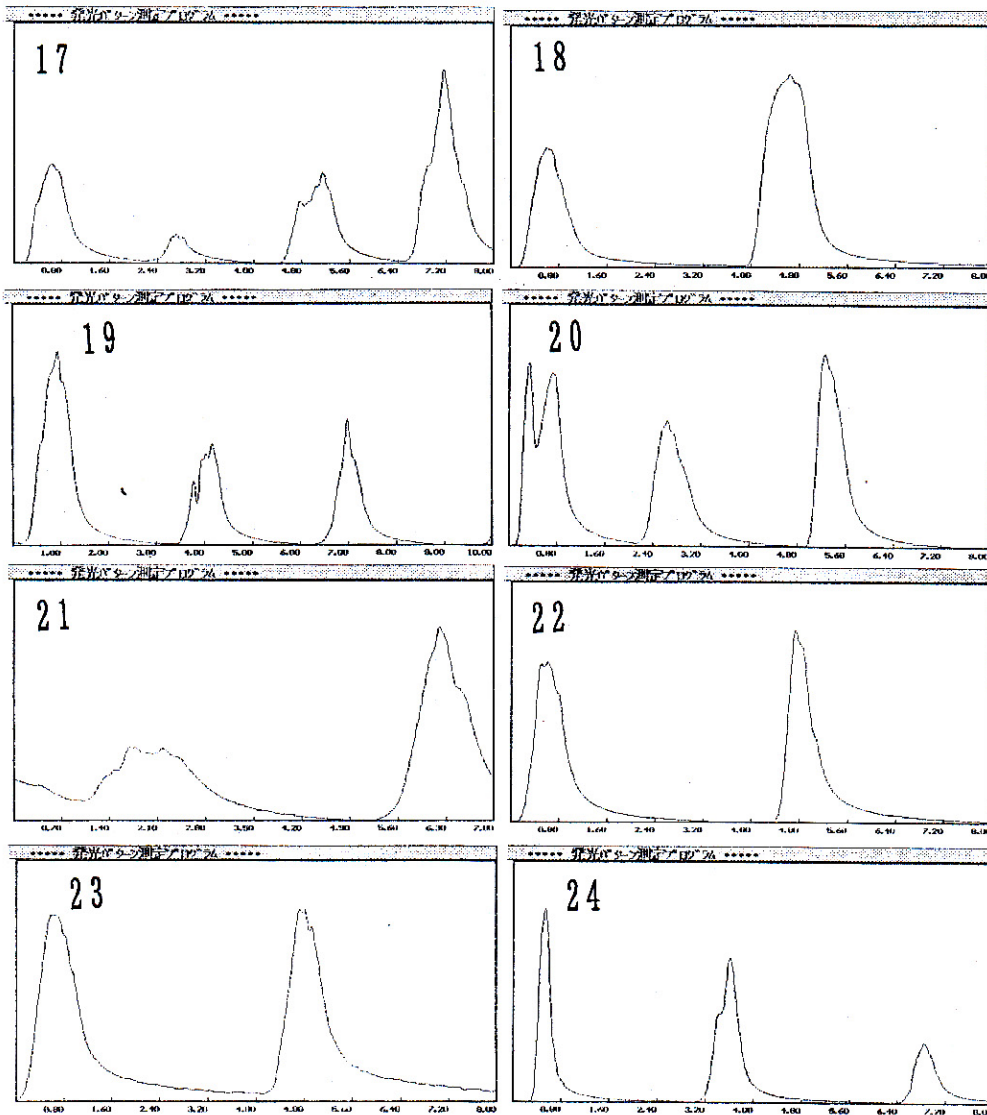
通りであった。

23:12 Iは3.29秒 (n=3), Dは1.31秒 (第13図-4)。

熊本県菊池郡旭志村

1987年6月5日

深夜に記録した雄の飛翔発光パターンは次の



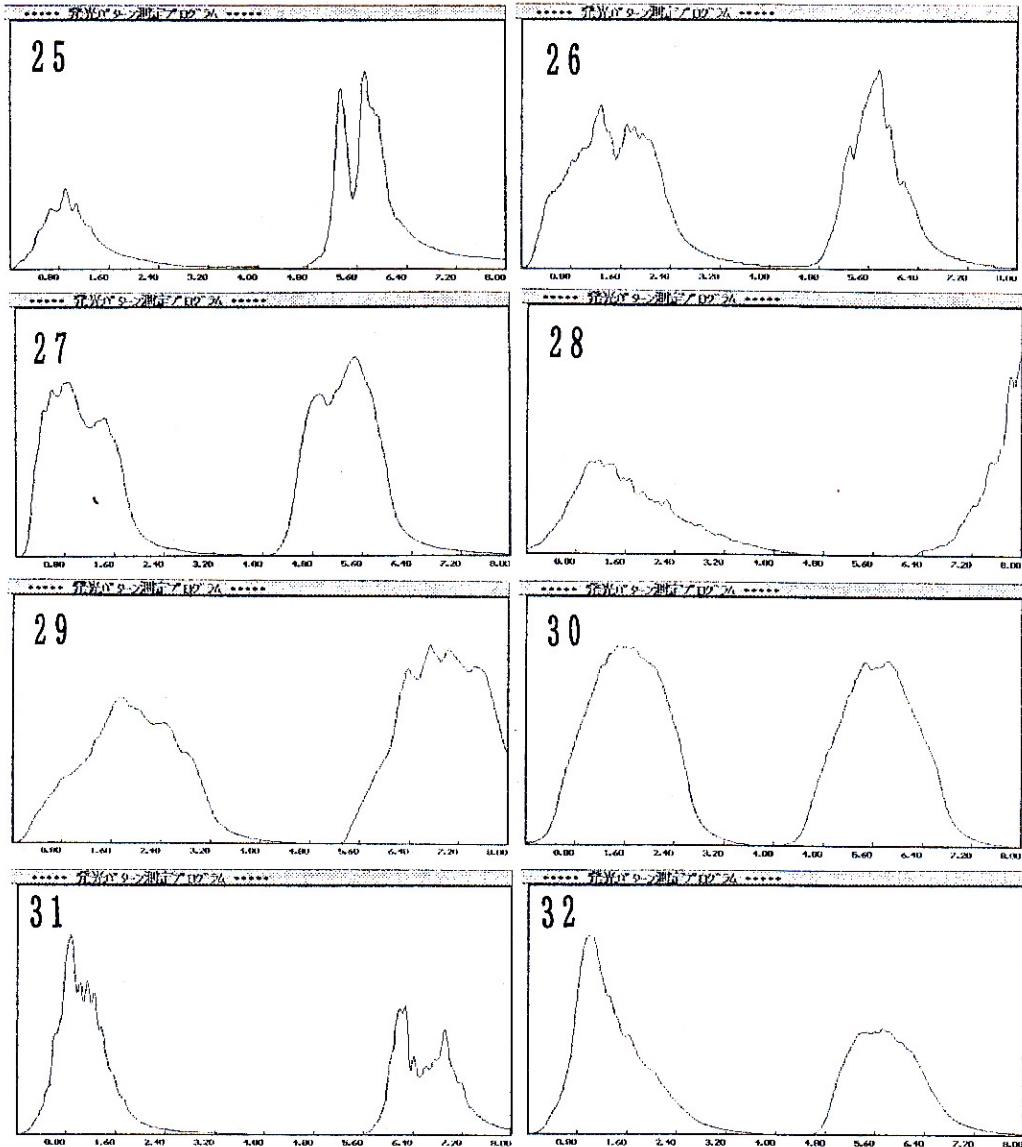
第13図 17. 長野県辰野町 19:40 20℃, 18. 長野県茅野市 1993年7月23日 20:07, 19. 新潟県長岡市 1985年6月26日 19:30, 20. 新潟県越路町, 21. 新潟県越路町, 22. 愛知県豊橋市 2000年6月4日 20:00, 23. 山梨県下部町 21:06 20℃, 24. 静岡県芝川町 1986年6月27日 19:45.

川幅約5m, 両岸は護岸されているが, 片側は山林, 他方は農道を挟んで畑が耕作されている。川底には土砂が堆積して洲が生じ, ヨシなどの植物が生えている。護岸壁には水面上約10cmの位置に苔が生えて, 樹木が被い

茂った場所には集団産卵が観察できた。

同日の発光開始時刻は以下の通りであった。

19:38	25℃	発光開始。
19:45		半月が出る。
19:59		カジカ鳴く



第13図 25. 神奈川県横須賀市長沢 2000年6月6日, 26. 神奈川県逗子市池子 1993年6月8日 19:50, 27. 神奈川県横須賀市山中町 1998年5月30日 19:40, 28. 神奈川県横須賀市秋谷 1989年6月20日 19:56, 29. 神奈川県三浦市引橋 1993年6月10日 19:44, 30. 神奈川県三浦市小網代 1993年6月17日 19:36, 31. 千葉県大原町 1990年6月10日 19:45, 32. 群馬県吾妻郡東村 1985年5月25日.

1991年5月29日

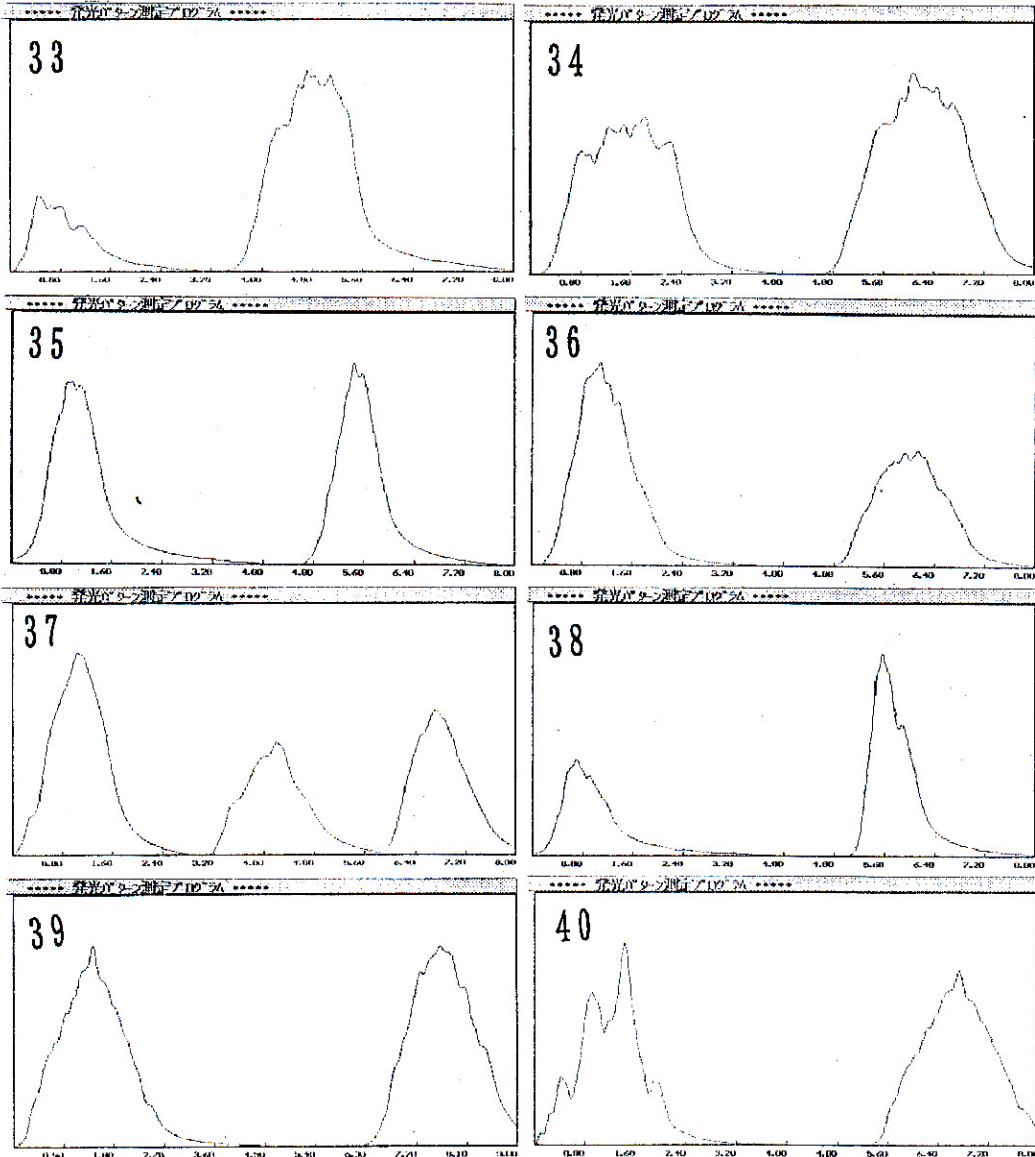
発光パターンは以下の通りであった。

20:23 19.5℃ Iは2.42秒 (n=3). Dは1.09秒 (第13図-6)。

宮崎県綾町

1996年6月6日 北綾川で観察。気温17℃。

川幅約20m, 深い渓谷を流れる河川であり、大きな岩と砂礫の河川敷であり、水深は深いところでは3m以上ある。ゲンジボタルは兩岸に生える樹木の葉にとまり発光を開始し、次第に飛翔発



第13図 33. 栃木県足利市, 34. 山形県湯瀬町 1985年7月12日, 35. 山形県米沢市小野川 1985年7月12日, 36. 宮城県東和町 1985年7月8日 20:40 16℃, 37. 岩手県釜石市 1994年7月14日 20:00, 38. 青森県弘前市 1985年7月11日 20:00. 39-40. 青森県市.

光した。人工照明の影響は全くなかった。発光パターンは以下の通りである。

20:46 川面を飛翔し、同時明滅した。雄のIは平均2.49秒 (n=2) (第13図-7)。

別個体では2.5秒 (n=2), Dは1.02秒。さらに別

個体では2.26秒 (n=3, s=0.24), Dは0.79秒。宮崎県北川町

川幅は約40m, 流域幅は約10mで, 河川敷に河原が広がっている。河川底は砂礫であり, 水深は深いところでは2m以上ある。岸の片側は急峻

第3表 ゲンジボタルの発光開始時刻・照度・気温。

観察地	観察日	発光開始時刻	照度(lx)	気温(°C)
長崎県対馬	19900619	19:34	0.911	23.8
熊本県旭志村	19870615	19:38		
高知県大野見村	19870607	19:44		22.9
長野県茅野市	19970720	20:30	0.03	18.1
神奈川県横須賀市野比	19980519	19:45		17.8
神奈川県横須賀市野比	19860615	19:15	1	
神奈川県横須賀市野比	19980526	19:12	0.05	14.2
神奈川県横須賀市野比	19980527	19:08	0.12	18.3
神奈川県横須賀市野比	19980528	19:16	0.05	20
神奈川県横須賀市野比	19980531	19:18		18.7
神奈川県横須賀市野比	19980601	19:13	0.17	20.6
神奈川県横須賀市野比	19980602	19:20	0.05	19.5
神奈川県横須賀市野比	19980608	19:15	0.32	17.4
神奈川県横須賀市野比	19980609	19:12	0.04	17.8
神奈川県横須賀市野比	19990603	19:13		18.4
神奈川県横須賀市野比	19990610	19:20		19.3
神奈川県横須賀市野比	19930612	19:10		21.3
神奈川県横須賀市野比	19990613	18:56	0.1	20
神奈川県横須賀市山中町	19980530	19:28	0.02	21.8
神奈川県三浦市引橋	19970525	19:08	0.25	13.6

な山林で部分的に樹木が水面を被っている。他方は河原を隔てて道路が川に沿って作られている。ゲンジボタルは木の葉上で発光を開始し、次第に飛翔発光して明瞭な同時明滅した。同地における発光行動は資料1の通りであった。

1999年6月1日の雄の飛翔発光パターンは以下の通りであった。

20:21 Iは2.09秒(n=6, s=0), Dは0.55秒(第13図-8)。別個体ではIが2.12秒(n=7, s=0), Dは0.78秒。

福岡県北九州市小倉頂吉

1984年7月3日 気温26°C

水路は幅1m, 水深10cm, 片側は山林, 他方は水田が耕作されている。水路上を樹木が被い茂った場所があり, 葉上には雌が多数止まっていた。ゲンジボタルは葉に止まり発光を開始し, 次第に飛翔発光した。雄の個体数は少なかったが, 深夜には雌の特異な飛翔発光行動が観察できた。

同地にはヘイケボタルとヒメボタルが生息し, 3種が同時に飛翔発光することがあった。草地にはオオマドボタルの幼虫が発光していた。同日のゲンジボタル雄の飛翔発光パターンは以下の通りであった。

Iは平均1.37秒(n=7, s=0), Dは0.68秒(第13図-9)。別個体ではIは平均1.63秒(n=6, s=0.10), Dは0.85秒。更に別の個体はIが平均1.63秒(n=6, s=0.13), Dは0.7秒。

高知県大野見村

1987年6月7日

川幅約20m, 河川敷には部分的にヨシが生える。兩岸は樹木や草は繁茂し, 川底は砂礫である。河川の片側は林道を挟んで山林, 一方は幅狭い水田が耕作されている。ゲンジボタルの生息個体数は多く, 明瞭な集団同時明滅が見られた。林道には杉林からヒメボタルが飛来し発光した。雄の飛翔発光は深夜まで見ることができた。同







釜石	19940714	20:02	2.32	2.5			2.41	2.5	2.32	1.56
釜石	19940714	20:05	2.86				2.86			1.61
釜石	19940714	20:05	2.9	2.5			2.7	2.9	2.5	1.2
釜石	19940714	20:10	3.65	4.76			4.21	4.76		1.49
弘前	19850711	19:45	2.73	2.99			2.86	2.99	2.73	0.184
弘前	19850711	19:45	23	3.23	3.23	3.54	3.333	3.54	3.23	0.179
弘前	19850711	19:45	23	4.39	3.19	2.97	3.517	4.39	2.97	0.764
浅虫			4.64	5.59			5.12	5.59	4.64	2.02
			4.64	5.36	5		5	5.36	4.64	2.44
	19920603		2.12	2.12	2.1	2.1	2.108	2.12	2.1	0.011
			1.91				1.91	1.91		0.87
			4.89				4.89	4.89	4.89	1.801

日の生息状況は次の通りであった。

19:19 半月 曇 22.9℃

19:44 1 個体発光

19:54 20 個体発光

20:30 ヒメボタル発光。

0:12 200 個体同時明滅。

同日における雄の飛翔発光パターンは以下の通りであった。

20:53 22.5℃ I=1.72 秒 (n=6, s=0.01), D 1.19 秒 (第 13 図-10), 別個体では I=1.9 秒 (n=7, s=0) であった。

山口県豊浦郡豊田町江良川

1984 年 6 月 25 日 気温 25℃

川幅は約 5 m, 水深約 20 cm, 川底は砂礫でカワニナの生息密度はきわめて高かった。ゲンジボタルの生息密度は高く, 明瞭な集団同時明滅が観察できた。同日の発光パターンは以下の通りであった。

20:30 I は平均 1.54 秒 (n=5, s=0.03), D は 0.78 秒 (第 13 図-11)。別個体では I が 1.51 秒 (n=6, s=0), D は 0.65 秒。

島根県隠岐

1991 年 6 月 25 日

水道水源から流れる河川であり, 川幅 20 m, 河川敷にはヨシが繁茂していた。ゲンジボタルはヨシの上空を飛翔し, 明瞭な集団同時明滅が観察できた。生息密度は高かった。同日の発光パターンは以下の通りであった。

20:17 I は平均 1.77 秒 (n=3, s=0), D は 0.72 秒。

20:29 I は平均 1.71 秒 (n=4, s=0.05), D は

0.58 秒 (第 13 図-12)。

兵庫県美方郡温泉町青下 (標高約 300)

2000 年 7 月 29 日

2 個体飛翔発光したのみで, 生息個体数はきわめて少なかった。これらの個体の生息環境がどの水系であるのかは, 確認できなかった。発光パターンは以下の通りであった。

21:30 I は 1.33 秒 (n=4, s=0.16), D は 1.18 秒 (第 13 図-13)。

京都市清滝川

1983 年 6 月 28 日 21℃

深い渓谷を流れる河川であり, 川幅約 30 m, 水深は深いところでは 2 m 以上ある。岸辺は岩が露出するところが多く, 苔が生える場所では雌の集団産卵行動が観察できた。

生息個体数は多く, 明瞭な集団同時明滅が観察できた。同日の雄の飛翔発光パターンは以下の通りであった。

I は平均 1.98 秒 (n=4, s=0), D は 0.88 秒 (第 13 図-14)。別の個体では I が平均 1.67 秒 (n=6, s=0.12), D は 0.6 秒。

1983 年 7 月 2 日

雄の探雌飛翔発光行動が最盛期を越すと, 雌が連続光を放って水面上約 1 m を飛翔した。雌は岸辺の岩の苔 (水面から約 1 m) にとまり, 特有な光を放った。この光に別の雌個体が集まり, 集団となった。これらの雌は苔に産卵した。1 個体の雌の発光パターンは次のとおりであった。

発光間隔は平均して 2.3 秒 (n=6, s=0.2) D は 1.14 秒。

複数個体の光を同時に受光して得た結果は I が

平均して1.24秒 ( $n=6$ ,  $s=0.31$ )。

#### 新潟県糸魚川市

1986年6月28日

川幅約7 m, 砂礫質の川底であった。飛翔発光個体数は約100であり, 明瞭な集団同時明滅が見られた。同日の雄の飛翔発光パターンは以下の通りであった。

Iは平均1.83秒 ( $n=4$ ,  $s=0.09$ ), Dは0.77秒(第13図-15)。

別の個体ではIが1.88秒 ( $n=6$ ,  $s=0.12$ ), Dは0.87秒。

更に別個体ではIが1.95秒 ( $n=4$ ,  $s=0.09$ )。

#### 岐阜県多治見市

1994年6月20 気温 21.8°C。

川幅約4 m, 片側には樹木が植栽され, 他方は歩道を隔てて水田が耕作されている。水深20 cm, 川底は砂礫である。集団同時明滅はやや不明瞭であった。同地周辺にはオバボタルやムネクリイロボタル幼虫の生息を確認。ヘイケボタルも1個体飛翔発光。同日の雄の飛翔発光パターンは以下の通りであった。

20:17 18.5°C Iは平均2.22秒 ( $n=3$ ,  $s=0$ ), Dは1.18秒(第13図-16)。

当日の夕方まで激しい降雨であったが, 雨は止み夜半には半月となった。

#### 長野県辰野町

1981年7月4日 気温 20°C

川幅約1 mの古い用水路に生息し, 水深約20 cm, 片側は山林, 他方は水田が耕作されていた。ゲンジボタルは放流によって増殖されており, 飛翔発光個体数は数百以上であった。水路際の植物の葉にとまっていた成虫は19:30以降に発光開始して, 次第に飛翔発光した。深夜には水路際の木杭に生えた苔に雌が飛来し, 数個体の集団を形成して産卵行動が見られた。同日の雄の飛翔発光パターンは次の通りであった。

19:40Iは平均1.87秒 ( $n=6$ ,  $s=0.12$ ) Dは0.93秒(第13図-17)。

#### 長野県茅野市宮川(標高950 m)

1997年7月20日

標高約950 mにある水田の用水路に生息する。水路の片側は山林, 他方は水田が耕作されている。水路はほとんど樹木に被われて, 夏季は少ない日照量である。河川底は礫であり, 水温は14-15°Cで低い。ゲンジボタルは数十個体発生したが, 個体密度が低く, また同調性も低かった。飛翔移動距離は約60 mであった。同地の時刻と照度変化気温の測定結果は資料2のとおりである。1993年7月23日 20.5°C

同日の雄の飛翔発光パターンは次の通りであった。

19:30 Iは平均4.07秒 ( $n=3$ ,  $s=0.06$ ), Dは0.94秒。

19:37 Iは平均3.55秒 ( $n=3$ ), D=0.92秒。

19:47 Iは平均3.57秒 ( $n=4$ ,  $s=0.57$ ), Dは0.93秒。

19:55 Iは平均3.92秒 ( $n=3$ ,  $s=0.54$ ), Dは0.83秒。

20:07 Iは平均3.61秒 ( $n=4$ ,  $s=0$ ), Dは0.99秒(第13図-18)。

23:05 14.9°C 深夜に気温低下した。

23:16 16°C

0:00 15.1°C 湿度 78%

1:00 15.5°C 湿度 81%

#### 新潟県長岡市成願寺温泉

1985年6月26日

川幅約5 m, 水深は20 cm前後, 川底は砂礫であった。片側は旅館, 他方は山林で, 成虫は約30個体飛翔発光した。同時明滅がみられたが, 同調性は低かった。同日の雄の飛翔発光パターンは以下の通りであった。

19:45 Iは平均2.65秒 ( $n=6$ ,  $s=0.08$ ), Dは0.86秒(第13図-19)。

19:50 Iは平均2.5秒 ( $n=3$ ), Dは0.89秒。

#### 新潟県越路町東谷

山間の水田の用水路に生息し, 川幅は約1 m前後であった。水路は樹木に被われているところが多かった。同日の雄の飛翔発光パターンは次の通りであった。

Iは平均2.16秒 ( $n=4$ ,  $s=0.17$ ), Dは0.82秒(第

13 図-20)。

別個体では I が平均 1.97 秒 (n=3), D は 0.93 秒。

#### 新潟県越路町

1995 年 6 月 16 日

山林に囲まれた、なだらかな地形に耕作された水田の用水路に生息する。水路川側は樹木が生え、成虫の休息場所となっている。発光個体数は数個体であり少ない。水田にはヘイケボタルが飛翔発光した。同日の雄の飛翔発光パターンは次の通りであった

17:53 21.3°C I は平均 3.94 秒 (n=2)

(第 13 図-21)。

#### 愛知県豊橋市

2000 年 6 月 4 日

川幅約 10 m で護岸済みの河川。川の両側は水田が耕作され、ゲンジボタルは川面を数十個体以上が飛翔発光し、同時明滅したが、同調性は良好ではなかった。車などによる人工照明の影響があった。同日の雄の飛翔発光パターンは以下の通りであった。

20:00 I は平均 4.85 秒, D は 2.51 秒 (n=7, s=0.4) (第 13 図-22)。

#### 山梨県下部町

人家が散在する谷を流れる川幅約 7 m の河川に生息する。観察地は片側が水田、他方は山林に接している。自動車の人工照明の影響を受ける。水質は富栄養化が進んでいるが、ヨシなどが河川敷に繁茂し、支流も流れ込むので、カワニナの繁殖は良好であり、ゲンジボタルも数百個体以上発光した。同時明滅の同調性は低かった。水田にはヘイケボタルは飛翔発光した。発光パターンは以下の通りであった。

1986 年 6 月 16 日

21:06 20°C I は平均 4.2 秒, D は平均 1.58 秒 (第 13 図-23)。

21:06 I は平均 3.63 秒, D は平均 1.19 秒。

1987 年 6 月 15 日

19:30 18°C 雨-晴

0:00 余り飛ばない

#### 静岡県芝川町

1987 年 6 月 27 日

山間の水田用水路であり、川幅は 1 m であった。低木と草で水路は被われているが部分的に水面が見える。成虫は十数個体飛翔発光し、同意明滅がみられたが、同調性は低かった。同日の雄の飛翔発光パターンは次の通りであった。

19:45 I の平均は 2.83 秒 (n=3), D は 0.12 秒 (第 13 図-24)。

19:49 I の平均は 2.84 秒 (n=3), D は 0.7 秒。

19:50 I の平均は 3.0 秒 (n=6, s=0.07), D は 0.98 秒。

19:57 I の平均は 3.22 秒 (n=4, s=0.04), D は 1.78 秒。

#### 神奈川県横須賀市野比

低い丘陵に囲まれた水田の用水路とその源流域、および国立病院構内を流れる中下流域の護岸済み河川に生息する。中下流域は川幅 2 m で流程約 200 m, 水田際の水路は川幅約 1 m で未護岸水路であり、70 m ほどの流程である。上流域は約 70 m ほどで伏流水となり、急傾斜の山林となる。成虫発生は下流域から次第に上流域に移った。1984 年から 2000 年に実施した同地における発生状況・照度・気温などは以下の通りであった。

1984 年 6 月 20 日 水田脇水路

I は平均 3.20 秒 (n=5, s=0.40), D は 1.36 秒。

1986 年 6 月 13~15 日における観察結果は資料 3 に示した。

1987 年 6 月 24 日 水田脇の水路

19:29 発光

19:47 カエル鳴く

1989 年 5 月 26 日 20:04 (第 9 図-16)。

1989 年 6 月 3 日 19:30 (第 9 図-15)。

1990 年 6 月 3 日 水田脇の水路

20:50 19°C 3 個体発光

19:39 I は平均 4.24 秒 (n=3), D は 2.04 秒 (第 9 図-15)。

19:40 I は 4.31 秒, D は 1.48 秒。

19:43 I は平均 4.44 秒 (n=2), D は 1.65 秒。

1992 年 6 月 6 日 22°C 水田脇の水路

25 個体発光。ヘイケボタル 3 個体発光  
 1993 年 6 月 6 日 曇 無風  
 19:30~19:50 中流域 2 個体  
 1993 年 6 月 10 日 19.5°C 5 個体  
 1993 年 6 月 13 日 20:00 16°C 3 個体  
 1993 年 6 月 15 日 18.5°C 曇  
 1993 年 6 月 1 日 中流域  
 19:30~19:50 17°C 半月 晴 発光見られない  
 1994 年 6 月 17 日 下流域  
 19:35 葉に静止して発光していた雄の I は平均 4.36 秒 (n=3, s=0.51), D は 1.95 秒。  
 19:41 I は平均 4.16 秒 (n=4, s=1.28), D は 1.82 秒 (第 14 図-1)。  
 1997 年 6 月 24 日 20°C 下流域  
 19:57 I は平均 4.3 秒 (n=3), D は 1.6 秒。  
 20:06 I は平均 3.86 秒 (n=2), D は秒 (第 9 図-14)。  
 1997 年 5 月 26 日の照度と気温の関係を資料 4 に示す。  
 1998 年 5 月 21 日 17.7°C 水田脇水路  
 水田に 4 個体発光。人工照明の影響が大きい。アマガエル鳴く。例年より 2 週間ほど早く出現。  
 1998 年 5 月 23 日 下流域  
 19:41 I は平均 4.28 秒 (n=4, s=0.39), D は 1.59 秒。  
 1998 年は例年より 2 週間早い。  
 1998 年 5 月 26 日 下流域における発光行動・照度・気温を資料 5 に発光パターンの経時変化を第 10 図に示す。  
 I は平均 6.04 秒 (n=3), D は 2.1 秒。  
 1998 年 5 月 25 日 20-21°C 下流~中流域  
 20:10 活動最盛時刻を過ぎたためかほとんどが葉に止まって発光していた。約 100 個体の発光数を目視した。水田脇の水路には 13 個体発光。鏡田谷戸には 3 個体発光を確認した。  
 1998 年 5 月 27 日における発光行動・照度・気温は (資料 6, 第 10 図) に示す。  
 1998 年 5 月 27 日の雄の飛翔発光パターンは

次の通りであった。

19:18 15°C I は 4.69 秒, D は 2.40 秒。  
 19:21 I は 4.18 秒, D は 2.68 秒。  
 19:27 14°C I は平均 4.51 (n=2), D は 1.95 秒。  
 20:00 15°C I は 5.53 秒, D は 3.12 秒。  
 20:16 15°C I は 4.70 秒, D は 2.5 秒。  
 1998 年 5 月 28 日は前日よりも気温が上昇したが、飛翔発光個体数は少なかった。  
 1998 年 5 月 28 日における発光行動・照度・気温は資料 7 に示す。  
 1998 年 5 月 28 日の雄の飛翔発光パターンは次の通りであった。  
 19:30 19.6°C I は平均 4.01 秒 (n=2), D は 2.46 秒であった (第 9 図-9)。  
 19:42 20.1°C I は 4.27 秒, D は 2.22 秒。  
 1998 年 5 月 29 日 水田脇水路  
 上流域に近い水田脇水路は人工照明の影響が強く、飛翔発光個体は少なかった。  
 20:10 水田に 10 個体飛翔。カエルなく。  
 20:45 発光おさまる。下流には 5 個体飛翔。  
 19:51 飛翔活動止む。  
 19:57 5 個体飛翔。  
 20:11 19.7°C 10 個体低空飛翔。  
 20:10 水田に 10 個体飛翔。アオガエル鳴く。  
 20:45 発光活動止む。  
 1998 年 5 月 31 日 水田脇  
 19:25 18.7°C  
 19:18 3 個体飛翔発光  
 19:30 19.2°C 20 個体飛翔下流域には 30 個体飛翔  
 20:30 中流域の水田水 30 個体飛翔同日の発光パターンは次の通りであった。  
 19:26 18.7°C I は平均 4.62 秒 (n=2), D は 2.43 秒 (第 9 図-10)。  
 19:30 19.2°C I は平均 5.39 秒 (n=2), D は 2.2 秒。  
 1998 年 6 月 1 日の発光行動・照度・気温は資料 8 に示す。

1998年6月2日 水田脇水路～上流域  
 19:20 19.5°C 0.05 lx 1 個体飛翔開始  
 19:25 19.0°C 0.03 lx 5 個体飛翔 無風  
 19:48 30～50 個体飛翔発光  
 20:11 飛翔活動止む  
 20:27 水田 20 個体発光。前日より発光個体数が多い。  
 20:40 上流域 10 個体止まって発光  
 同日の雄の飛翔発光パターンは以下の通りであった。  
 19:43 19.0°C Iは平均3.94秒(n=4, s=0.87), Dは1.1秒(第9図-11)。  
 19:45 19.0°C Iは平均5.52秒(n=2)。

1998年6月5日  
 発光活動は上流域に移り, 下流域は発生後期となり, 個体数が減少した。

19:30 17.1°C 上流域  
 19:20 30 個体飛翔発光  
 20:20 下流域は全く発光していない  
 1998年6月8日の上流域における生息状況は気温は低下したが, 150個体以上飛翔発光が確認できた(資料9)。同日の雄の飛翔発光パターンは以下の通りであった。  
 19:28 15.0°C Iは平均5.35秒(n=3), Dは2.56秒。  
 19:28 15.0°C Iは4.48秒, Dは2.35秒(第9図-12)。  
 19:28 15.0°C Iは4.6秒, Dは2.15秒。

1998年6月9日 雨 上流域  
 上流域の生息状況は以下の通りであった。前日に比較すると飛翔範囲が広がり, 高く飛翔した。雨天であったが, 活動は抑制されなかった。

時刻	照度(lx)	気温(°C)
19:10	0.14	18.0
19:12	0.04	17.8
		100個体飛翔発光
		高く舞い上がる

1998年6月10日 17:00まで雨 上流域  
 雨上がりの夜であったが, 前日より飛翔発光

個体数は減少した。葉上で休息する個体が多かった。時刻と発光行動は以下の通りであった。  
 19:05 18.4°C 飛翔発光 上流  
 19:12 40 個体飛翔発光  
 19:40 飛翔活動止む, 葉上で発光同日の雄の静止発光パターンは以下の通りであった。  
 19:21 18.4°C 葉に静止して発光する雌のIは平均3.86秒(n=4, s=0.13), Dは2.34秒(第14図-2)。  
 19:28 18.4°C Iは平均4.80秒(n=2), Dは2.76秒(第9図-13)。

1998年6月17日 約400 m隔たって存在する隣接する谷戸の放置された水田と用水路にはゲンジボタルとヘイケボタルが混生していた。20:00には約20個体発光。ゲンジボタルとヘイケボタルが混生していた。

1999年5月17日 晴 12.0°C 水田脇水路  
 20:15 アオガエル鳴く。発光しない。  
 1999年5月19日 日中雨 夕方に止む。中流域～水田脇水路  
 同日の生息状況は以下の通りであった。  
 19:25 19.5°C カエル鳴く。水田 17.5°C 発光しない。  
 19:35 17.8°C 中流域に1 個体発光。  
 19:43 19.5°C  
 19:45 18.4°C 1♂, 1♀発光。1 個体飛翔発光した。

1999年5月21日 下流域 15.5°C  
 同日の生息状況は次の通りであった。  
 19:30 30 個体発光  
 20:00 20 個体発光

1999年5月22日 下流域  
 気温が低下し, 19:55以降にはほとんど発光を休止した。  
 19:26 はだ寒く, やや風ある。  
 19:39 18.1°C 15 個体飛翔発光。  
 19:10 30 個体飛翔発光。  
 19:55 17.7°C ほとんど飛翔休止。刺激で発光する。40 個体止まって発光。

20:00 17.0°C  
 20:05 上流域で12個体発光。2個体飛翔。  
 1999年5月25日 薄曇 下流域  
 周期的に同時明滅行動が繰り返された。  
 19:40 17.6°C 下流域 70個体発光。月が出て  
 いるが雲はかぶっている。  
 19:50 同時明滅する。以後不規則になる。弱  
 く連続して発光する個体や、葉にとまって強く発  
 光する個体があった。  
 1999年5月26日 18°C。下流域  
 同日における雄の発光パターンは以下の通り  
 であった。  
 19:42 Iは5.12秒, Dは2.44秒。  
 19:43 Iは平均4.23秒 (n=3), Dは2.54秒。  
 20:00 Iは平均3.99秒 (n=3), Dは1.43秒。  
 20:04 Iは平均4.20秒 (n=3), Dは1.42秒。  
 1999年5月27日 午前中は強風。下流域  
 夕刻には風が止み、飛翔発光行動が観察でき  
 た。川岸の草が生えた部分に密度高く発光する  
 個体が観察できた。  
 19:44 下流域によく飛ぶ。  
 20:03 一部の草むらで集合して発光してい  
 た。  
 20:35 飛翔活動やむ。  
 20:37 時々飛翔発光して同調する。  
 同日の雄の飛翔発光パターンは次の通りで  
 あった。  
 19:25 Iは平均4.40秒 (n=3), Dは2.4秒。  
 1999年6月3日 上流域  
 樹木が被い茂った下の川面を飛翔発光した。  
 飛翔移動範囲は約5mで狭かった。  
 19:13 飛翔発光開始。  
 19:18 木の暗闇で多数発光。  
 19:27 18.4°C 多く飛翔発光する。  
 19:41 18.6°C  
 19:54 18.1°C  
 20:09 飛翔行動範囲が広がる。個体数減少。  
 20:30 飛翔活動休止。  
 20:41 18.7°C。水田脇に3個体発光。  
 1999年6月9日 上流域

19:25 20個体発光。  
 19:40 飛翔発光。  
 19:56 15.3°C 飛翔個体減少。  
 1999年6月10日 19.3°C 上流域  
 19:20 飛翔発光開始。  
 19:27 18.8°C  
 19:59 19.3°C  
 20:05 生息地に飼育によって得た雌1個体  
 を透明なプラスチック容器に入れて探雌飛翔し  
 ている雄の下においた結果、雄が接近して雄と雌  
 の発光コミュニケーションが観察された。この  
 ときの雄のIは4.49秒 (n=3)であった。一方雌は  
 雄に応答したが不規則な間隔であった。雄の発  
 光に対して遅れを伴ったが、その時間は2.22秒  
 と1.56秒であった。  
 1999年6月11日 上流域  
 19:20 飛翔発光。  
 19:30 21.3°C  
 19:35 19.5°C  
 19:38 水温15.7°C  
 1999年6月12日 21.3°C 上流域  
 同日の雄の飛翔発光パターンは次の通りで  
 あった。  
 19:29 Iは平均4.50秒 (n=3), Dは2.05秒。  
 19:30 Iは平均3.98秒 (n=3), Dは2.08秒。  
 19:43 Iは平均3.66秒 (n=4, s=0.48), Dは  
 1.87秒。  
 20:00 Iは平均5.39秒 (n=3), Dは2.00秒。  
 20:03 Iは平均4.29秒 (n=3), Dは1.72秒。  
 20:16 Iは4.54秒 (n=3), Dは1.96秒。  
 1999年6月13日 上流域  
 同日における生息状況は資料10に示した。発  
 光開始時刻は18:58であり、照度は0.08 lxで  
 あった。同地における発光パターンの経時変化  
 は第9図の通りであった。  
 神奈川県横須賀市山中町  
 川幅約3mで、護岸工事されてから数ヶ月経  
 た河川である。一方の川岸には人家が散在し、他  
 方は急峻な山林となっている。観察地は支流が  
 合流する地点であり、人工照明の影響があった。

1998年5月30日の生息地の照度・気温は資料11に示した。当日は数個体が発光するのみで、飛翔個体は1~2個体であった。発光開始時刻は19:28であり、0.02 lxであった。

当日の雄の飛翔発光パターンは以下の通りであった。

19:27 21.5℃ Iは2.69秒, Dは1.38秒。

19:31 21.8℃ Iは平均3.82秒 (n=3), Dは2.13秒。

19:33 21.8℃ Iは平均3.64秒 (n=2), Dは1.98秒。

19:40 21.8℃ Iは平均3.88秒 (n=4, s=0.09), Dは1.94秒 (第13図-27)。

#### 神奈川県横須賀市秋谷関根川

1989年6月20日

川幅約2m, 水深10cmの河川であり、川底は砂礫であった。川岸の一方は道路を隔てて水田があり、他方は山林となっていた。

発光個体数は約10個体であり、発光の同調性は低かった。雄の飛翔発光パターンは19:50においてIは6.22秒, Dは2.9秒 (第13図-28)。

#### 神奈川県横須賀市長沢杉釜の池

川幅約1mの農業用水路であり、水源は沢からの湧き水と灌漑用水池の水であった。両側は山林に囲まれて、長い間水田が放棄された湿地となって、ガマやヨシ、ハンゲショウなどが繁茂して、飛翔空間は狭かった。1992年6月20日の観察では、発光個体数は約25個体であり、同調性は低かった。同地の暗い湿地にはヘイケボタルの幼虫が10個体発光していた。

#### 神奈川県横須賀市長沢

水田が耕作されてきた谷戸に流れる幅約1mの用水路に生息し、源流域には古い堰がある。観察地は水田が放棄されて、ほとんど陸化している。水路周辺はヨシなどが繁茂し水路を被っていた。

2000年6月6日

飛翔発光個体数は7個体前後であり、発光周期が同調する時間は短かった。

19:46 Iは4.84秒, Dは2.35秒であった (第

13図-25)。

#### 神奈川県逗子市池子

軍施設として半世紀以上に渡って一般の立ち入りが制限されてきたために、谷戸地形が保全されて森や池などが残り、小さな水系にはゲンジボタルやヘイケボタルが生息していた。調査地点は池子川とその支流の合流点であり、川幅約3m, 水深10cmの護岸された河川であった。護岸は古く、部分的に両岸から樹木が繁茂して川面を被っていた。ゲンジボタルはこの樹木で被われた暗い空間と開かれた空間の接点に多く観察できた。

1992年6月17日 20℃

池子川に60個体, 久木川に28個体発光。

1992年6月22日 17℃

池子川には40個体発光, 久木川には15個体。

1992年6月25日 16.5℃ 15

1993年5月31日

池子川合流点 18℃ 23個体発光

1993年6月8日 池子川

雄の飛翔発光パターンは以下の通りであった。Iは平均4.5秒 (n=3), Dは2.00秒。

19:26 Iは平均4.56秒 (n=4, s=0.44), Dは1.50秒。

19:36 Iは平均3.51秒 (n=3), Dは1.68秒。

19:50 Iは平均4.15秒 (n=3), Dは1.40秒 (第13図-26)。

20:17 Iは平均4.51秒 (n=3), Dは2.51秒。

1993年6月14日 曇 池子川

19:30 20℃ 水温19℃。合流点40個体メス4個体発光

#### 神奈川県三浦市引橋

水田の用水路として使用されていたが、水田が畑ろなり、その機能を失った。川幅や約1m, 片側は山林、他方は畑となっている。水路面には低木が被っているところもあるが、手入れがされており、水面に日照良好であり、クレソンが繁茂する。水源は豊富な地下水であり、ゲンジボタルが生息するのは湧水源より10m範囲である。発光個体数は十数個体であり、同時明滅の同調性は

低かった。

1993年6月7日 気温 24℃ 15個体発光  
 1993年6月10日 気温 20.5℃ 15個体発光  
 19:40 Iは平均4.59秒 (n=3), Dは2.35秒  
 19:44 Iは4.89秒, Dは2.25秒 (第13図-29)。

19:48 Iは平均4.73秒 (n=3), Dは2.68秒。  
 1997年5月25日の発光行動・照度・気温は資料12に示す。

気温が低く、ほとんど飛翔しない。15個体発光。  
 1987年6月18日

19:25 21.0℃  
 19:29 2個体発光

1997年6月18日  
 Iは5.48秒, Dは2.92秒。  
 Iは6.93秒, Dは1.90秒。

#### 神奈川県三浦市小網代

台地の下に形成された谷を流れる水系に生息する。長い期間、放棄された水田の用水路に生息する。水路は樹木で被われるが、林床空間は広く、人工照明は全くない。成虫は水路に沿って飛翔発光したが、飛翔発光個体数は十数個体であった。同時明滅の同調性は低かった。

1992年6月12日  
 19:30 24℃ 25個体飛翔発光 クロマトポタル幼虫発光。

1993年6月17日 曇 やや風あり  
 17.8℃ 40個体発光  
 19:34 Iは平均4.23秒 (n=4, s=0.59), Dは1.95秒。  
 19:36 Iは平均3.87秒 (n=4, s=0.31), Dは1.68秒 (第13図-30)。  
 20:02 Iは平均3.56秒 (n=3, s=0.05), Dは1.75秒。  
 20:17 Iは平均3.28秒 (n=3), Dは1.55秒。

#### 千葉県大原町

水田の用水路であり、生息地は樹木に被われた一角であり、水田に接している。川幅約2mで、水路の岸辺の岩には苔が生えている。飛翔発光個体数は数百個体を越えた。

1990年6月10日  
 19:41 Iは平均4.72秒 (n=3), Dは1.56秒。  
 19:45 Iは平均5.31秒 (n=3), Dは1.76秒 (第13図-31)。

1999年6月14日 20.6℃  
 19:50 ゲンジボタル発光。水田にはハイケボタルが発光。  
 20:16 ゲンジボタルとハイケボタルが同時に飛翔発光。

#### 群馬県吾妻郡東村

1985年5月25日  
 水田の用水路であり、湧水が流れる。川幅約1m, クレソンが繁茂して、その根際には大小多数のカワニナが繁殖していた。生息地は狭いが、飛翔発光個体数は数十個体で、生息道度は高い。同時明滅の同調性は低い。同日の発光パターンは以下の通りであった。

Iは3.75秒, Dは1.62秒 (第13図-32), 他の個体ではIは3.72秒 (n=3), Dは1.62秒。

#### 栃木県足利市

水田の用水路であり川幅は約1m, 道路を挟んで水田があり、反対側は山林となっている。ハイケボタルとともに生息し、ゲンジボタルの発光個体数は約10個体であり、少なかった。同時明滅は発光個体数が少なく、見られなかった。同日の雄の飛翔発光パターンは次の通りであった。Iは平均5.72秒, Dは2.26秒 (第13図-33)。別個体ではIは5.83秒。

#### 山形県米沢市小野川温泉

川幅約10m, 川岸には植物が繁茂している。同時明滅の同調性は低かった。

1985年7月12日 23.5℃  
 Iは平均6.16秒 (n=2), Dは1.3秒。  
 Iは平均4.52秒 (n=2), Dは1.42秒 (第13図-35)。  
 Iは平均3.78秒 (n=3), Dは1.13秒。  
 Iは平均3.78秒 (n=3), Dは1.15秒。

#### 山形県湯瀬町

キャンプ場を流れるせせらぎに生息する。水源は地下水が湧き出しており、豊富である。成虫は林床空間を飛翔発光したが、個体数は10個体



前後で少なかった。同時明滅の同調性は低かった。  
1985年7月12日

Iは3.99秒 (n=3), Dは2.8秒 (第13図-34)。  
宮城県東和町鱒淵川

川幅約10 m, 片側は樹木が植栽され, その後に道路があり, 他方は水田が耕作されている。水深は約40 cm, 水量は豊富である。河川敷には大きな岩や石があり, カワニナが多数見られた。自動車の人工照明の影響を多く受けた。

1985年7月8日 16°C

20:40 Iは平均4.21秒 (n=4,0.19), Dは1.65秒 (第13図-36)。

別個体ではIが平均3.90秒 (n=2), Dは1.89秒。更に別個体ではIが平均4.38秒 (n=2), Dは2.45秒, この他Iが3.64秒 (n=2), Dは2.00秒, Iが4.12秒 (n=2), Dは2.36秒。

1987年7月4日 25°C 水温18.5°C

岩手県釜石市

川幅約3 m, 岸辺は低木と草に被われている。飛行発光数は100個体以上であるが同時明滅の同調性は低く, 長く続かなかった。

1994年7月14日

20:00 Iは3秒, Dは1.74秒 (第13図-37)。

20:02 Iは2.41秒, Dは1.56秒。

20:05 Iは2.86秒, Dは1.61秒。

20:05 Iは2.7秒, Dは1.2秒。

20:10 Iは4.21秒, Dは1.49秒。

青森県弘前市

川幅約4 m, 護岸済み河川であるが, 河川敷にはヤナギが繁茂し, 洲が生じている。片側は道路を挟みリング畑が広がる。発光個体数は数十個体であり, 同時明滅の同調性は低い。

1985年7月11日 23°C 19:30-20:00

Iは平均2.86秒 (n=2), Dは1.24秒 (第13図-38)。

Iは平均3.52秒 (n=3), Dは1.04秒であった。

Iは平均3.33秒 (n=3), Dは1.09秒。

青森県青森市

川幅約5 m, 河川敷にはクレソンが生える。飛行発光個体数は大変少なく, 数個体であった。同

時明滅の同調性は低かった。発光パターンは次の通りであった。

Iは平均5.15秒, Dは2.02秒, 別の個体ではIは5秒, Dは2.44秒 (第13図-39, 40)。

### 発光コミュニケーション

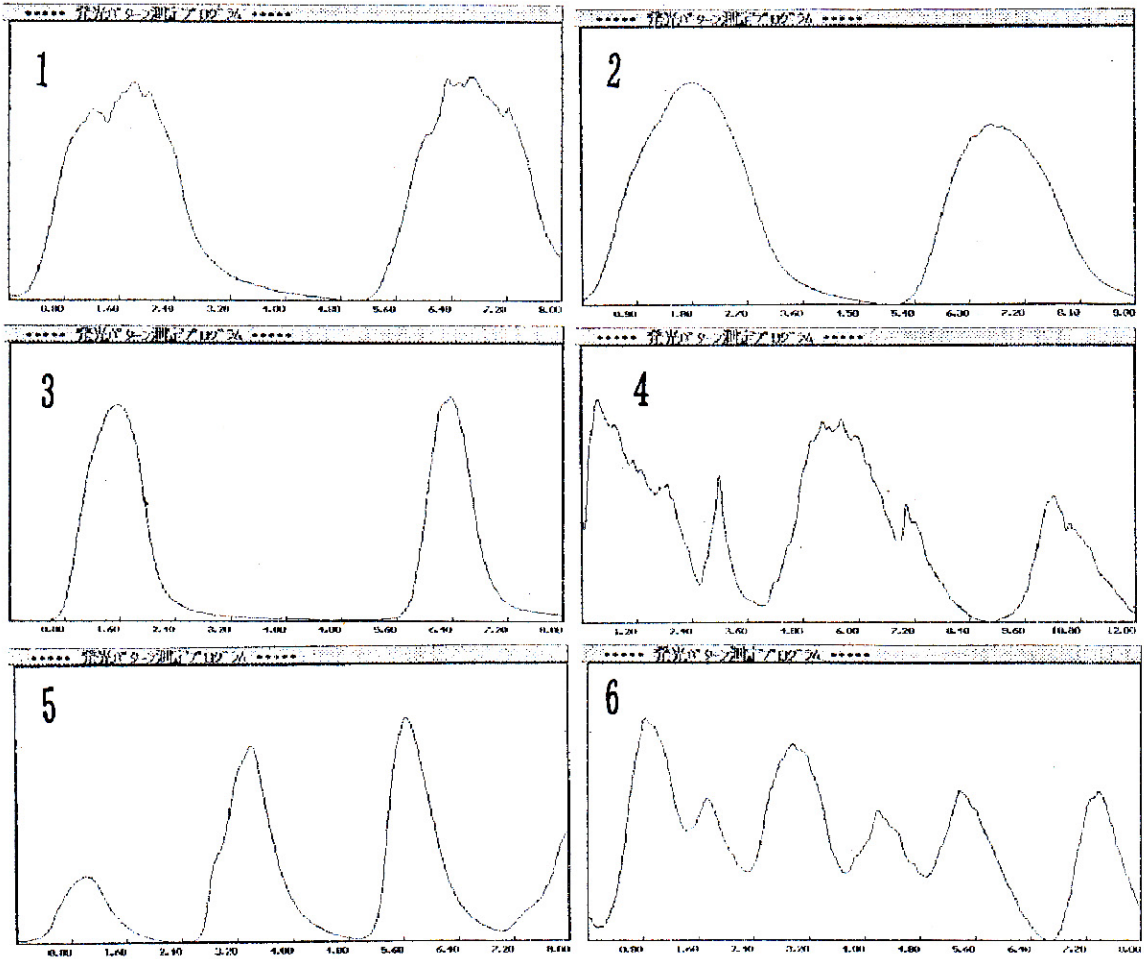
野外の雄とプラスチック容器内の雌: 誘引発光シグナルを放っていた雌成虫を透明な円形プラスチック容器 (直径3 cm, 高さ2 cm 内へ入れて, 雄成虫が探雌飛行する場所へ置いたところ, 上空を飛行する雄がこの雌へ飛行接近した。雄は飛行接近中に数回発光し, 雌は雄の発光シグナルに対して応答発光した。雌の応答の遅れ時間は約1.2~1.7秒であり, バラツキが大きく, 応答発光のタイミングは厳密でなかった (第14図-4, 6)。

雄の発光パターンは発光間隔が変化するものの, 基本的には全て同じであり, 第9図に示す通りであり, ならかなひとつのピークを有する波形であった。しかし, このならかな波形が何らかの原因によってギザギザになる波形も観察され (第9図-8, 12), 小さな発光ピークがひとつの波形に多数含まれていた。特に, 雄の同調発光がずれるときにしばしば見られた。雌の発光パターンは第14図の通りであり, 雄に比較して発光間隔・発光持続時間ともに長かった。また, 雌発光波形はギザギザになることはほとんどなく, ひとつのピークを持つならかな波形であった。

### 発光開始照度と経時変化

横須賀市の生息地におけるゲンジボタルの発光開始照度と経時変化を1998年5月19日~6月9日, 1999年6月3日~6月13日に観察した結果, 18:56~19:45に発光開始し, 照度は0.02~1 lxの照度であった (第3表)。5月19日~6月13日までの発光開始時刻には明瞭な差が認められなかった。発光開始時刻は19:15前後が最も多く, 照度は0.05 lxが多かった。

長崎県対馬・熊本県旭志村・高知県大野見村・長野県茅野市の集団はいずれも19:30以降に発光



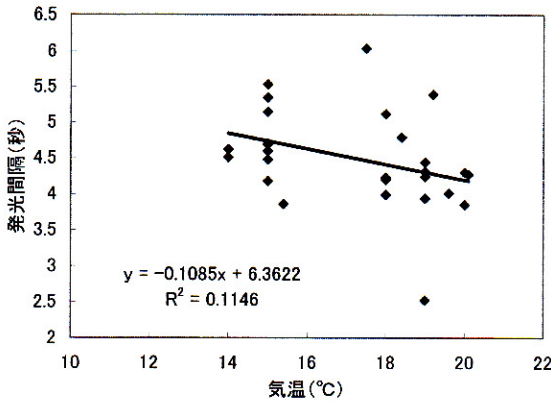
第14図 ゲンジボタルの発光行動。

1. 神奈川県横須賀市野比 1994年6月17日 19:35 葉上で発光
2. 神奈川県横須賀市野比 1998年6月10日 19:21 葉上で発光する雌
3. 長野県茅野市宮川 2000年7月10日, 21:04 葉上で発光(♀)
4. 神奈川県横須賀市野比におけるコミュニケーション時の発光パターン. 雄の発光に対する雌の応答発光が一番目と二番目の雄の発光の後半で雌の発光が認められる。
- 5-6. 京都府清滝川における雌の集団産卵時に発せられる発光。5は1個体の雌, 6は複数個体の発光。
7. 雌の産卵時における発光パターン. 京都府清滝川 1983年7月2日 1個体記録
8. 同前 複数個体を同時記録。

し、発光開始時刻がやや遅い傾向があるが、照度には明瞭な相違が見られなかった。飛翔発光活動の最盛期は約1時間でほぼ終了。しかし、出現期の違いや気象状態の違いによっては18:56, 20:30に発光した例もあった(資料参照)。

#### 気温と雄の探雌飛翔発光間隔

神奈川県横須賀市野比の集団について観察した結果は第15図に示した。雄の飛翔発光間隔は気温の低下とともに雄の飛翔発光間隔は長くなる傾向がみられたが、変異幅は大きかった。発光間隔(y)と気温(x)との間には近似式  $y = -0.1085x + 6.3822$  ( $R^2=0.1146$ ) が得られた。



第15図 ゲンジボタルの飛翔発光間隔と気温との関係。  
神奈川県横須賀市野比における観察記録に基づき作成した。

#### 雌の誘引シグナルと雌の応答発光

雌は茎などにとまり、雄を誘う発光シグナルを放っていた。発光間隔は平均4秒であり変動幅が大きかった。雌の誘引シグナルの発光パターンは基本的に雄の発光パターンに似るが、発光間隔は長かった。

雌が雄に対しての遅れ時間は一定ではなかった。

## 考 察

#### 各地のゲンジボタルの色彩斑紋パターン

前胸背の斑紋パターンには地域集団内において大きな変異が認められる。斑紋パターンを大きく分類すると十字紋型、錨紋型、弘前の集団にみられる前方斑紋型・痕跡型・無紋型が認められる。これらの型には薄紋・太紋・細紋などの変異があり、中央の小紋が円形から一の字・逆三角形などの変異がある。弘前市の集団は個体変異が大きく、特に前方斑紋型は弘前の集団にのみ認められ興味深い。また、神奈川県秦野市、群馬県吾妻東村、山形県湯瀬町、宮城県東和町、青森

県青森市の集団からは無紋型が認められる。中根(1987)は青森県十和田町で採集された無紋型の個体に対して亜種 *towadaensis* と記載したが、今回の結果では、同一集団内に無紋型以外の個体も認められていることから、無紋型は原亜種の個体変異とすることが妥当と考えられる。なお、これまでに収集されている無紋型の標本は全て雌個体であった。

各地域集団を比較すると、大きく分けて西になるほど個体の斑紋は錨紋型や太く濃色の斑紋である傾向にあるのに対して、東になるに従い薄紋型や痕跡型、無紋型が多く認められる傾向にあり、地域固有性を反映していると考えられる。しかし、これらの斑紋パターンの固有性は現時点では発光パターンの特性に対応していない。

#### 外部形態

全国23箇所のゲンジボタル(各1~2個体)の大きさを測定した結果(第1表)からゲンジボタル個体の前胸背板の幅(PW)が2.93~4.13 mm(平均3.65 mm, n=29, s=0.30)と大きさの変異が大きく、大型は小型の約1.4倍、前胸背板の長さ(PL)では1.63~2.34 mm(平均2.00 mm, n=29, s=0.18)であり、PW同様に約1.4倍近く大きさが異なっている。また、上翅長(EL)では9.16~11.77 mm(平均10.44 mm, n=27, s=0.70)であり、大型は小型の約1.3倍、体長(BL)は10.69~14.64 mm(平均12.86 mm, n=23, s=1.09)であり、大型は小型の約1.4倍に達し、個体変異幅が大きい。一方、ゲンジボタル雌個体の前胸背板の幅(PW)が3.82~5.21 mmと大きさの幅が大きく、大型は小型の約1.4倍、前胸背板の長さ(PL)で2.03~3.06 mmであり、PW同様に約1.5倍近く大きさが異なり、雄同様に変異幅が大きい。上翅長(EL)では10.55~15.39 mm(平均12.75 mm, n=15, s=1.40)であり、大型は小型の約1.5倍、体長(BL)は13.88~16.99 mm(平均14.80 mm, n=13, s=1.05)であり、大型は小型の約1.2倍に達し、大きな変異幅がある。PL/PWの平均値は雄が0.55、雌では0.51で

あり、雌の前胸背板は横長であることが確認できた。PW/ELは雄では0.35、雌では0.36で雌雄ともに同一とみなせる。

一方、地域集団(各3～27個体)の前胸背幅(PW)と前胸背長(PL)を計測した結果をみると、各集団内においても大きな変異幅があるが、明瞭な形態的特徴は特に認められない。各地域集団のPWとPLの近似式の有意差は低いが、個体変異は大きく、新潟県糸魚川市の集団と岐阜県多治見市の集団は比較的高い有意性を示している。以上の結果から、西日本型と東日本型の形態的な相違や発光パターンとの対応は特に認められない。

#### 斑紋パターン分布

ゲンジボタルは九州・四国・本州に分布するが、斑紋パターンから分類すると太く明瞭な錨紋型が九州に、十字紋型が四国・中国・近畿地方、関東以北には薄紋型・無紋型の出現頻度が高い。特に薄紋型は神奈川県以北に分布し、雌にのみ見出されており、北上するに従い斑紋が薄れる傾向がみられる。特に、青森県弘前市の集団は前紋型が多く、他ではみられない特異な斑紋パターンを示す。また、雄個体に斑紋がほとんど消失したものがあり、無紋型が見出される可能性が高い。

#### 生息環境

西日本型ゲンジボタルの生息環境の特徴として比較的大きな河川に生息して、飛翔空間は東日本に比較すると西日本が広い傾向がある(第19図)。水源は湧水から貯水池まで多様であり、西日本と東日本とにおいて大きな相違が認められない。河川底は西日本では砂礫を中心とするが、東日本では砂泥もしくは泥質のところが多い。生息地は東西日本ともに温泉池に多く存在する。西日本では河川岸に樹木がないところで生息しているところもある。長野県茅野市や静岡県芝川町では水田の用水路に生息し、東日本型ゲンジボタルの生息地の環境要素を有する。しかし、西日本型ゲンジボタルは水田の用水路にも生息し、

そうした環境下においても集団産卵行動がみられるが、東日本ではその例がない。神奈川県横須賀市の生息地では、水路を樹木が被い、飛翔空間が狭いことが多い。このような環境下ではゲンジボタルの飛翔行動が抑制されて、同時明滅の同調性が著しく低下する。宮崎県北川町のような幅広い河川では川面の空間があるので、飛翔活動が活発であり、同時明滅の同調性が高く、かつ長時間続く。

#### 発消生長

神奈川県横須賀市野比では過去10年間をみると、6月上旬が発生の最盛期であるが、1998年は5月中旬に発生して、最盛期が約10日早まっており、気象条件によって年変動が大きく影響される。また、同じ水系であっても、下流域が最初に最盛期を迎え、次第に中流から上流域に移る。下流から上流域まで含めると約20日間発生していることになる。上流と下流の水温差は約1℃であるが、発生期に大きな影響を与えていると推定される。また、上流域ほど樹木に被われた空間が多くなり、谷地形が狭まり、日照量が低下することも一要因となっていると考えられる。隣接する鏡田谷戸は狭い谷戸地形であり、発生最盛期は約2週間遅れることも以上の考えを支持している。他の生息地においても環境条件が個々に異なることから、発消生長は地域環境特性を反映し、異なっている。

#### 活動習性

神奈川県横須賀市の集団は時間経過に伴う発光パターンの変化は顕著に認められないが(第4表)、飛翔発光頻度は21:00以降に著しく低下する。しかし、西日本、特に九州の集団では飛翔発光行動は21:00以降も続く。日没時間の相違が飛翔発光開始時刻に大きく影響を与えていると推定されるが、飛翔活動は横須賀市の集団に比較して、きわめて活発であり、発光の同調性が高く長時間持続する特徴を有しており、西日本型ゲンジボタルの固有性を示している。

活動習性と照度との関係を見ると、発光開始時では約0.02～0.06 lxであり、肉眼でも周辺環境が認識できる程度の明るさである。横須賀市の生息地では以後、次第に暗くなり、21:00以後は肉眼では環境の空間認識ができなくなり、雄成虫にとっても空間認識ができなくなるために、飛翔活動が抑制されると考えられる。本種の生息環境が開かれているほど飛翔活動が活発であることは、閉ざされた環境よりも明るいためと考えられる(第3表)。従って、探雌行動時に空間認知する上で暗すぎると、飛翔活動が抑制されると考えられる。横須賀市野比の上流は樹木が繁茂し、林床空間が形成されているので、日没後に暗くなるのが早い。同地では19:05前後からゲンジボタルが発光を開始したことは以上のことを裏付けている。活動を収束するのも暗くなるのが早いために、20:00には飛翔発光活動が止む。

一方、幅広い大きな河川を生息の場とする西日本型ゲンジボタルは緯度の違いから日没時間が横須賀市とは大きく異なり、ゲンジボタルの活動時間もきわめて長い。川面空間が十分確保されているために、水辺は明るく、それだけ活動時間を延長できたものと推定できる。

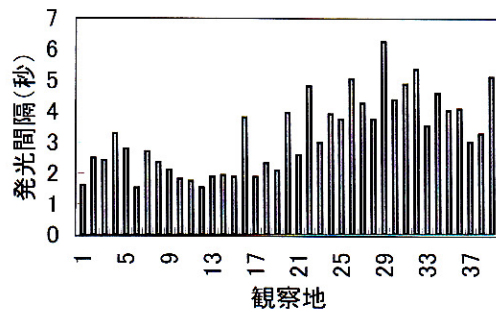
ゲンジボタルにきわめて類似している沖縄県久米島に分布するクメジマボタルは生息河川が樹木で被われた暗い環境に生息することが多く、西日本に分布するにもかかわらず、活動時間はむしろ東日本型ゲンジボタルに似ている(大場ほか, 1994; 沖縄県教育委員会, 1997)。

また産卵行動が早朝のごく短い時間(照度が0.05 lx前後)に限定されることから生息環境の明るさの状況が大きく活動習性に影響しているものと推定できる。

### 発光パターン

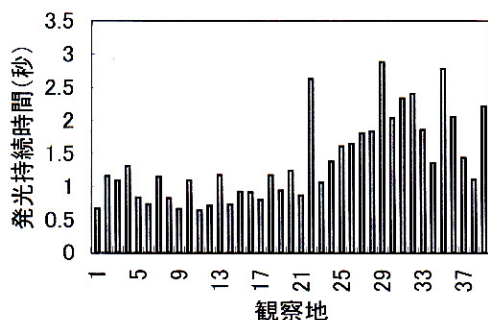
雄および雌の発光パターンは静止時、飛翔時ともに肉眼による観察では単一のピークを有する。しかし、コンピュータによる波形解析を行うと、雄の探雌飛翔行動時における発光パターンのな

かには多数の小ピークから構成されている波形が認められることがある(第13図25, 26, 29, 31, 34, 40)。この小ピーク間は約0.28秒以下であり、自由にこの小ピークを延ばして発光間隔を調整していると考えられる。特にゲンジボタルは集団となって発光期を同調させる習性があり(OHBA, 1984)、この小ピークを発現、抑制することによって同調を調整しているものと考えられる。従って、ゲンジボタルの波形は通常は滑らかであるが、小ピークの間隔が基本的に内在された固有な発光周期であると考えられる。雌の発光パターンも同様であると考えられる。雄が発光パターンを自在に変化させることができるのは小ピークを任意に立ち上げることが可能であるためと考えられる。飛翔時における雄の発光パターンがしばしば瞬いて観察されることが



第16図 ゲンジボタルの各地集団の探雌飛翔発光間隔。  
1.長崎県対馬, 2.佐賀県小城町, 3.熊本県旭志村, 4.熊本県山鹿市一目源, 5.熊本県山鹿市, 6.福岡州市, 7.福岡県筑後市舟小屋, 8.宮崎県綾町, 9.宮崎県北川町, 10.高知県大野見村, 11.根県隠岐, 12.山口県豊田町江良川, 13.兵庫県美方郡温泉町青下, 14.京都府清滝川, 15.長野県辰町, 16.長野県茅野市, 17.新潟県糸魚川市, 18.岐阜多治見市, 19.新潟県越路町, 20.新潟県越路町東谷, 21.新潟県長岡市, 22.愛知県豊橋市, 23.静岡県芝川町, 24.山梨県下部町, 25.群馬県吾妻郡東村, 26.千葉県大原町, 26.神奈川県逗子市池子, 27.神奈川県三浦市小網代, 28.神奈川県横須賀市秋谷, 29.神奈川県横須賀市野比, 30.神奈川県横須賀市長沢, 31.神奈川県三浦市引橋,

32. 神奈川県横須賀山中町, 33. 山形県米沢市小野川  
34. 山形県湯瀬町, 35. 宮城県東和町, 36. 岩手県釜  
石市, 37. 青森県弘前市, 38. 青森県青森市.



第17図 ゲンジボタルの各地集団の探雌飛翔時における発光持続時間。  
観察地は第16図と同様。

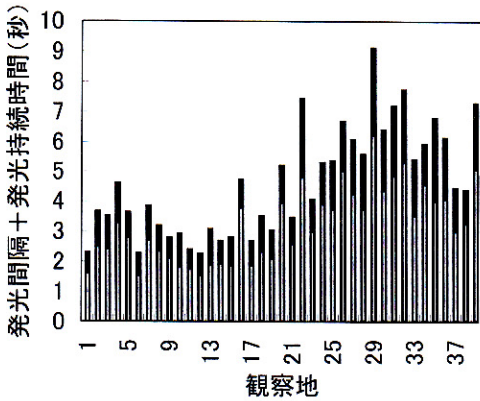
あるが(第13図-31, 34, 40), 飛翔発光する雄個体が何らかの要因で刺激を受けたり, 興奮状態に陥ったことなどにより, 小ピークが発現されたと考えられる。この固有周期は他のホタル類, ヒメボタル・ヘイケボタル・*Pteroptyx effulgens*にも認められ(大場, 1999), 発光パターンの制御機構は基本的にこれらのホタル類と同様と推定される。

発光パターンからみると, 大きく分けて発光間隔が約4秒(東日本型)と2秒(西日本型)が認められ, 両型の分布境界域に約3秒の中間型が分布することはOHBA(1983, 1984), 大場(1986, 1988, 1991)によって示されてきたが, 今回の多数の発光パターン解析により, さらに詳細な実態が判明した。中間型に近い型の集団が熊本県山鹿市・佐賀県小城町・福岡県筑後市のほか, 岩手県釜石市などで確認された。しかし, これらのうち九州のものは同調性が高く, 他の集団とは異なっている。佐賀県小城町の集団はDNAの分析により, 他集団に比較すると特異であることが明らかにされている(鈴木ほか, 2000)ので遺伝的背景と関連させながら今後さらに研究の余地がある。2秒型と4秒型の分布境界域は今回の結果

から太平洋側では岐阜県多治見市と愛知県豊橋市, 中部地方では長野県辰野町と茅野市, 日本海側では新潟県越路町と長岡市付近にあり, その周辺域に中間型が分布すると考えられる。この実態はDNA解析結果(鈴木ほか, 2000)ともほぼ一致している。

分布境界域はほぼ糸魚川-静岡構造線が第一義的な要因と推定できるが, 完全に一致していない。ゲンジボタルは河川に依存して生活していることから, 日本海では信濃川などの河川の存在や, 人間活動による分布の攪乱・拡散などが関与したと考えられる。中部地方の辰野町と茅野市周辺は糸魚川-静岡構造線と一致した地域であり, 歴史的背景が温存されてきた結果と考えられる。

全国各地の集団について雄の飛翔発光パターンを発光間隔(第16図)に発光持続時間(第17図)を加算して, 各生息地を西から東の順で並べると, 大きく分けて次の3パターンが認められる。1) 発光間隔が2秒前後, 発光持続時間が0.6秒前後, 2) 発光間隔は約3秒, 発光持続時間は約1秒, 3) 発光間隔は4秒以上, 発光持続時間は約2秒。長崎県対馬の集団は最も発光間隔が短く, 次いで福岡県北九州市の集団であった。さらに佐賀県小城町と熊本県山鹿市の集団は発光間隔と発光持続時間も明らかに長い発光パターンであり, ここでは西日本3秒型とする。この型の存在は2秒型とは異なる時代に九州に分布拡散したものが, 2秒型が優占されたなかで, 局所的に残存した集団と考えることができる。一方, 2秒型と4秒型の境界域周辺の新潟県長岡市や静岡県芝川町に分布する。これらの型は中間型ともいえる集団であり, 2秒型と4秒型の分布接点で形成された集団と考えられる。また, 岩手県釜石市にも3秒型が記録されているが, この集団の同時明滅の周期性が低く, 同期していない個体の発光信号が受光されている可能性がある。釜石の集団の波形は, 2つめの発光シグナルを除くとほぼ4秒型に相当する。また, 一方では2秒型が移入されて4秒型と交雑した可能性も残り, これらの点については更に研究の余地がある。新潟



第18図 ゲンジボタルの各地集団の探雌飛翔時における発光間隔と発光持続時間。縦軸は発光間隔に発光持続時間を積み重ねて表示した。暗色部分が発光持続時間。観察地は第16図と同様。

県越路町では、同町内の東谷では発光間隔が2秒前後であるが、他の生息地では約4秒であり、近い距離に異なる発光パターンの集団が生息することは興味深い。両集団の分布やすみ分けの実態を解明する上で重要な地域といえる(第18図)。同様なことは長野県辰野町に2秒型が、茅野市には4秒型が分布し、両型の分布境界域となっている。この境界域は糸魚川-静岡構造線に一致し、地理的な背景が両型のすみわけを維持してきたものと考えられる。太平洋側では2秒型と4秒型の境界域は岐阜県多治見市と愛知県豊橋市付近にあるが、中間型は静岡県芝川町であり、その分布は糸魚川-静岡構造線に一致する。こうした分布状態は第1義的には糸魚川-静岡構造線に起因していると推定できるが、日本海では信濃川のような大きな河川の存在により、洪水などの要因によって2秒型を新潟県長岡市付近まで分布拡散させたと考えられる。一方、太平洋側では2秒型が岐阜県付近で木曾山脈に分布拡散を阻まれたが、その後、分布拡散経路を別にした集団が東日本へ拡散する際に突然変異などによって4秒型となり東日本へ侵入し、その一波が豊橋付近まで西進した可能性が考えられる。長崎県対馬の

集団が最も短い発光間隔であり、神奈川県横須賀市と千葉県大原町の集団は発光間隔が4~6秒、発光持続時間も2秒前後と他の集団に比較しても長い。以後北上するにつれて短くなる特徴が認められる。神奈川県内のなかでも、横須賀市の南部に位置する三浦市引橋や小網代の集団は発光間隔が横須賀市の集団よりもやや短い傾向が認められる。以上のように、2秒型と4秒型には各地域集団によって変異が認められ、一様ではないことから、各地域集団の遺伝的な背景を反映していると考えられる。

こうした発光パターンの変異傾向が遺伝的背景とどのような相関があるのかを検討するために、鈴木ほか(2000)がミトコンドリアDNAの解析から得た結果の図に、今回得られた発光パターン解析結果を重ね合わせた(第20図)。その結果、西日本型、中間型、東日本型などの分布域はミトコンドリアDNAからみたタイプ分けにほぼ一致している。

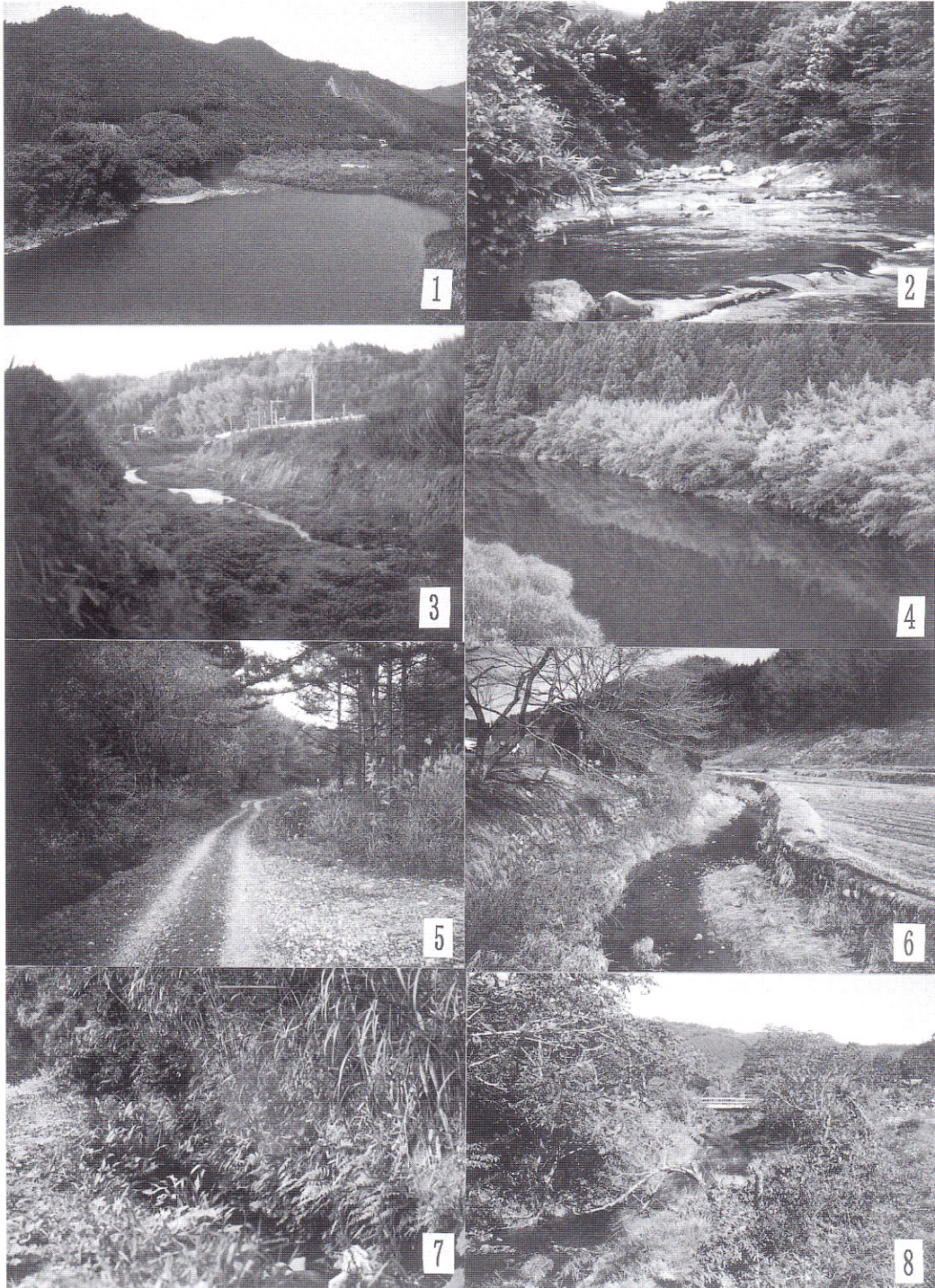
ゲンジボタルに形態や習性などが酷似するクメジマボタルは沖縄県久米島にのみ分布することが知られているが、2秒型と4秒型ゲンジボタルの中間的な発光パターンや習性を有し、3秒の進化過程を明らかにする上で重要な比較種といえる。

#### 発光パターンの経時・日・年変化

活動習性に反映されて、飛翔発光時間は活動最盛時刻が最も長時間探雌飛翔発光するが、雄の飛翔発光間隔には大きな経時変化が認められない。また、経日および経年変化も有意に認められない。このことは配偶行動時に雄の発光パターンの変動幅を最小にすることで固有性を高め、雌に認知されやすいように配偶行動様式を適応した結果と考えられる。

#### 発光コミュニケーション

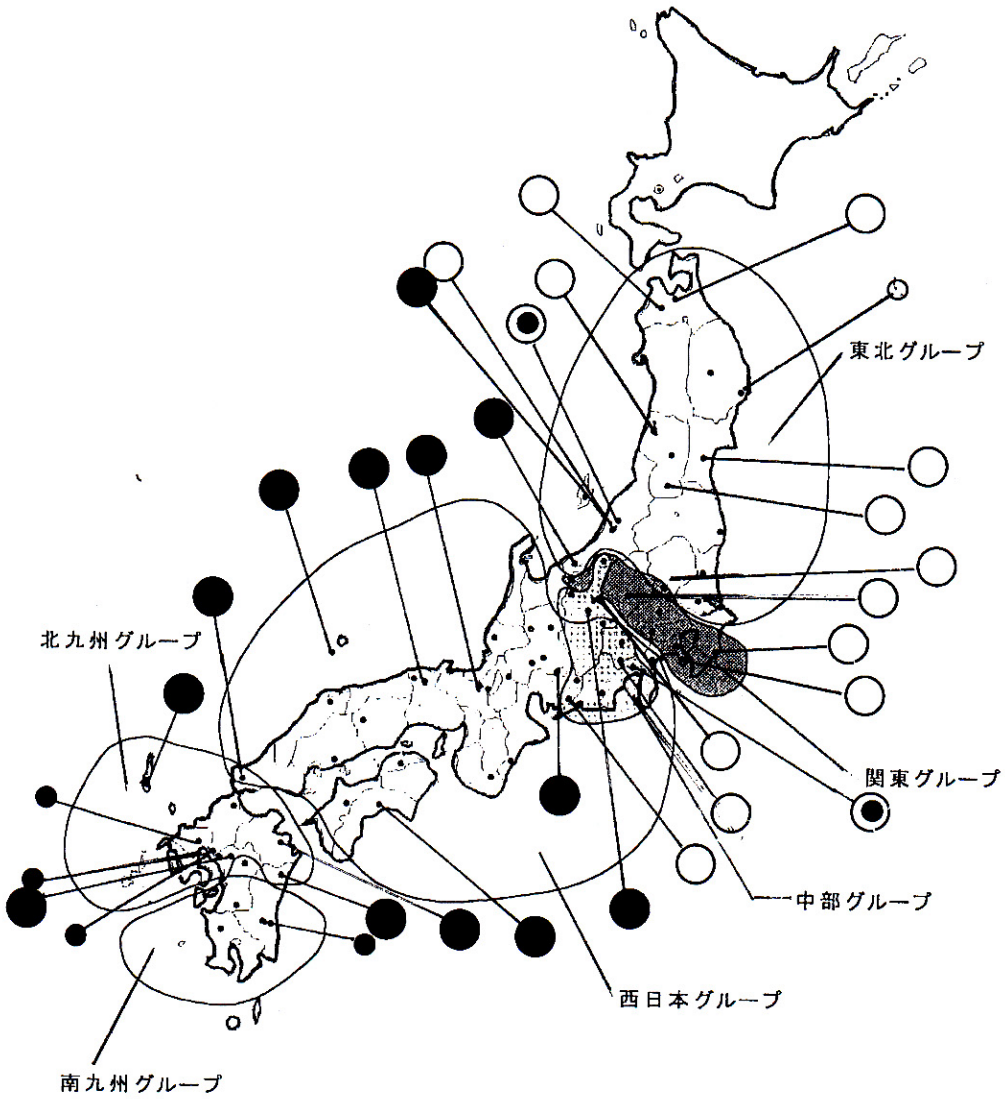
雌の雄に対する応答発光の遅れ時間は一定でなく、タイミングも一定していない。この結果はOHBA(1983)のLCシステムであることを波形



第19図 ゲンジボタルの生息環境。

1. 宮崎県北川町, 2. 長崎県対馬, 3. 熊本県山鹿市, 4. 高知県大野見村, 5. 長野県茅野市 (標高900 m), 6. 岐阜県多治見市, 7. 神奈川県横須賀市野比, 8. 宮城県東和町。





第20図 ゲンジボタルの発光パターンの地理的変異と遺伝的背景。  
 鈴木ほか（2000）のゲンジボタルの遺伝的背景に今回得られた発光パターンの解析結果を重ね合わせて作図した。  
 ●：2秒型（西日本型），○：4秒型（東日本型），◐：3秒型（中間型）●：西日本3秒型，○：東日本3秒型。

## 引用文献

- 牧野 徹・鈴木浩文・大場信義 1994. パーソナルコンピュータによるホタル発光パターンの解析システム. 横須賀市博研報(自然), (42): 27-56.
- 中根猛彦 1987. 日本の雑甲虫覚書1. 北九州の昆虫, 34(3): 173. 野比ホタル調査会 1990. 横須賀市野比のホタルの生態と生息環境. 横須賀市博研報(自然), (38): 47-60
- OHBA N. 1980. Mating behavior of a Japanese *Hotaria* firefly (Coleoptera: Lampyridae). *Sci. Rept. Yokosuka City Mus.*, (27): 13-18.
- OHBA N. 1983. Studies on the communication system of Japanese fireflies. *Sci. Rept. Yokosuka City Mus.*, (30): 1-62, pls. 1-6.
- OHBA N. 1984. Synchronous flashing in the Japanese firefly, *Luciola cruciata* (Coleoptera: Lampyridae). *Sci. Rept. Yokosuka City Mus.*, (32): 23-32.
- 大場信義 1985. 発光シグナルの記録とその解析法. 植物防疫, 39(9): 46-51
- 大場信義 1986. ホタルのコミュニケーション-16, 動物その適応戦略と社会-, 241 ページ, 東海大学出版会.
- 大場信義 1984. ゲンジボタルの同時明滅. 横須賀市博研報(自然), (32): 23-32.
- 大場信義 1988. ゲンジボタル. 198 ページ, 文一総合出版.
- 大場信義 1991. ゲンジボタルの遺伝子東西で異なる. 遺伝, 45(10): 8-9.
- 大場信義・東 清二・西山桂一・後藤好正・鈴木浩文・佐藤安志・川島逸郎 1994. クメジマボタルの生態. 横須賀市博研報(自然), (42): 13-26.
- 大場信義 1999. パプア・ニューギニアのホタル *Pteroptyx effulgens* の集団同時明滅. 横須賀市博研報(自然), (46): 33-40.
- 沖縄県教育委員会 1997. クメジマボタル生息実態緊急調査報告書, 沖縄県天然記念物調査シリーズ第37集: 44 ページ.
- SUZUKI, H., SATO Y., FUJIYAMA S. and OHBA N. 1996. Allozymic differentiation between two ecological types of flashing behavior in the Japanese firefly, *Luciola cruciata*. *J. Ent.*, 64(3): 682-691.
- 鈴木浩文・佐藤安志・大場信義 2000. ミトコンドリアDNAからみたゲンジボタル集団の遺伝的な変異と分化. 全国ホタル研究大会誌, (33): 30-34.

資料1. 宮崎県北川町におけるゲンジボタルの発光行動.  
1999年5月31日 深瀬 無風

時刻	気温 (°C)	
19:30	18	水温 16.4°C
19:45		発光開始
20:00		対岸に飛翔
20:35	17.9	発光が連鎖して伝わる

ゲンジボタル  
発光

20:15	22.0	
20:30	19.7	ハイケボタル 群 飛発光

資料2. 長野県茅野市宮川における照度変化と気温, ゲンジボタルの発光開始時刻.

時刻	照度 (lx)	気温 (°C)	
19:00		19.1	地温 22.4°C
19:05	13.7		水温 14.3°C
19:06	10.4	18.9	
19:07	9.3	18.7	
19:10	6.45	18.2	
19:11	5.91	18.2	
19:12	4.61	18.0	
19:13	4.09	17.8	
19:14	3.55	18.5	
19:15	2.53	18.5	夕焼け
19:17	1.70	19.3	無風
19:20	1.15	18.5	
19:21	0.75	18.7	
19:22	0.64	18.5	
19:24	0.42	18.1	
19:25	0.34	19.0	
19:26	0.23	18.7	
19:27	0.20	18.1	
19:28	0.17	18.9	
19:29	0.13	19.0	
19:30	0.10	18.3	
19:31	0.07	18.9	
19:32	0.06	18.0	
19:33	0.05	17.6	
19:34	0.04	18.0	
19:35	0.03	18.1	

資料3. 神奈川県横須賀市野比におけるゲンジボタルの発光開始時刻と照度.

時刻	照度 (lx)	気温 (°C)	
18:51		19.5	
18:56	100	19	
19:00	60		カエル鳴く
		18.5	水温 16°C
19:09	20	18	
19:14	101		
19:15	1以下		発光開始
1986年6月15日 晴			
19:03	80		
19:06	50		
19:07	30	21	
19:08	20	20	半月
19:13	15	20	
19:15	10		発光開始
19:50			群飛

資料4. 神奈川県横須賀市野比における照度と気温.  
1997年5月26日測定

時刻	照度 (lx)	気温 (°C)
19:03	0.24	
19:05	0.24	17.5
19:10	0.13	17.5
19:15	0.06	17.5
19:17	0.04	17.5

資料5. 神奈川県横須賀市野比におけるゲンジボタルの発光行動・照度・気温.  
1998年5月26日 下流域

時刻	照度 (lx)	気温 (°C)
18:54	2.23	14.2
18:55	1.29	14.2
18:56	1.50	14.4
18:57	1.40	14.2

19:43  
20:30  
1997年7月22日  
19:50

ハイケボタル1個体飛翔  
ゲンジボタル1個体飛翔  
ゲンジボタル雌発光

21.0 ハイケボタル・

18:58	1.37	14.0	
18:59	1.43	14.0	
19:00	1.23	14.0	
19:01	0.75	14.2	
19:02	0.62	14.2	
19:03	0.56	14.1	
19:04	0.56	14.1	
19:05	0.53	14.3	
19:06	0.23	14.1	
19:07	0.20	14.3	
19:08	0.17	14.1	
19:09	0.16	14.2	
19:10	0.15	14.2	
19:11	0.12	14.1	
19:12	0.05	14.2	発光開始
19:14	2		2個体発光
19:15	0.04	14.1	
19:23			草の中で10個体発光
19:35	1		1個体飛翔発光

資料6. 神奈川県横須賀市野比におけるゲンジボタルの  
発光行動・照度・気温。  
1998年5月27日に観察

時刻	照度 (lx)	気温 (°C)	
19:08	0.12	18.3	1個体発光
19:10	0.12	18.7	4個体飛翔
19:11	0.10	18.7	
19:14	0.06	15.0	10個体飛翔
19:18	0.03		20個体飛翔 150個体飛翔
20:07			10個体飛翔 草間に休
20:15			10個体飛翔 周期的に発光

資料7. 神奈川県横須賀市野比におけるゲンジボタルの  
発光行動・照度・気温。  
1998年5月28日

時刻	照度 (lx)	気温 (°C)	
19:16	0.05	20.0	5個体飛翔
19:17	0.08	19.6	
19:19	0.03	19.6	15個体飛翔
19:24	0.02	20.1	50個体飛翔

19:45	飛翔個体減少
	飛翔状況前日と異なる
19:51	3個体飛翔
19:57	再び飛翔開始
20:08	5個体飛翔
20:11	19.7°C 10個体低く飛翔

資料8. 神奈川県横須賀市野比におけるゲンジボタルの  
発光行動・照度・気温。  
1998年6月1日観察

時刻	照度 (lx)	気温 (°C)	
19:12			風強い
19:13	0.17	20.6	1個体発光
19:14	0.12	20.7	
19:15	0.11	20.5	ゴイサギ飛ぶ
19:18	0.07	20.6	2個体発光
19:20	0.04		3個体発光
19:29	0.02	20.7	人工照明の影響大

資料9. 神奈川県横須賀市野比におけるゲンジボタルの  
発光行動・照度・気温。  
1998年6月8日 上流域

時刻	照度 (lx)	気温 (°C)	
19:15	0.32	17.4	上流域で飛翔 発光
19:18	0.15	16.6	
19:22	0.16	16.5	
19:24	0.07	16.5	
19:28	0.03	15.0	
20:52		17.4	150個体飛翔 発光

資料10. 神奈川県横須賀市野比におけるゲンジボタルの  
発光行動・気温・照度。  
1999年6月13日 上流域

時刻	照度 (lx)	気温 (°C)	
18:56	0.10	20.0	
18:58	0.08	19.9	発光開始
19:00	0.05	20.0	
19:08		19.8	
19:12	0.03		

19:15	0.02	20.2	19:26	0.03	21.6	
19:18	0.01		19:27	0.02	21.5	
19:52	木の高い位置を飛ぶ		19:28	0.02	21.8	1 個体発光
20:10	飛行発光休止					3 個体飛行

20:00 観察終了

資料 11. 神奈川県横須賀市山中町におけるゲンジボタルの発光行動・照度・気温.  
1998年5月30日 無風

時刻	照度 (lx)	気温 (°C)
18:50	14	21.7
18:52	12.0	21.5
18:53	11.6	21.4
18:54	10.1	21.5
18:55	8.89	21.1
18:56	7.47	21.1
18:57	6.79	21.1
18:58	5.31	21.1
18:59	4.87	2.7
19:00	4.12	21.4
19:01	3.47	21.3
19:02	2.91	21.3
19:03	2.42	21.3
19:04	2.00	21.5
19:05	1.67	21.0
19:06	1.37	21.2
19:07	1.12	21.2
19:08	0.93	21.1
19:09	0.76	21.3
19:10	0.62	21.3
19:11	0.50	21.3
19:12	0.41	21.6
19:13	0.34	21.1
19:14	0.27	21.3
19:15	0.22	21.1
19:16	0.18	21.4
19:17	0.15	21.5
19:18	0.12	21.4
19:19	0.10	21.2
19:20	0.08	21.3
19:21	0.07	21.5
19:22	0.06	21.4
19:23	0.05	21.5
19:24	0.04	21.3
19:25	0.03	21.5

資料 12. 神奈川県三浦市引橋におけるゲンジボタルの発光行動・照度・気温.  
1997年5月25日 水温 15°C 地温 19.3°C

時刻	照度 (lx)	気温 (°C)	
18:46	12.4	16.4	
18:47	11.4	16.4	
18:48	9.44	16.4	
18:49	8.34	16.4	
18:50	7.37	16.4	
18:51	6.44	16.4	
18:52	5.50	16.2	
18:53	4.71	16.2	
18:54	4.0	16.2	
18:55	3.36	16.2	
18:56	2.80	16.2	
18:57	2.32	16.2	
18:58	1.95	16.2	
18:59	1.63	16.3	
19:00	1.33	16.3	
19:01	1.13	16.3	
19:02	0.92	16.3	
19:03	0.73	16.3	
19:04	0.58	16.3	
19:05	0.48	16.3	
19:06	0.38	16.3	
19:07	0.30	16.3	
19:08	0.25	16.3	1 個体発光
19:09	0.19	16.3	2 個体発光
19:10	0.15	16.3	
19:11	0.13	16.3	1 個体発光
19:12	0.10	16.3	
19:13	0.08	16.3	
19:14	0.07	16.3	1 個体飛行
19:15	0.08	16.3	
19:16	0.06	16.3	
19:17	0.06	16.3	2 個体飛行
19:18	0.06	16.3	
19:19	0.04	16.3	
19:20			4 個体飛行