

ゲンジボタルの生息条件について

About the habitation conditions of genjibotaru

植村三香¹・石川貴子²・首藤要介²・福井吉孝³

Mika UEMURA, Takako ISHIKAWA, Yousuke SYUDOU and Yoshitaka FUKUI

¹学生会員 東洋大学大学院 工学研究科土木工学専攻 (〒350-8585 埼玉県川越市鯨井 2100)

²東洋大学 工学部 環境建設学科 (〒350-8585 埼玉県川越市鯨井 2100)

³正会員 工博 東洋大学工学部環境建設学科教授 (〒350-8585 埼玉県川越市鯨井 2100)

In recent years, in Japan fireflies (*Luciola*) have attracted attention as a barometer of water side environments and numerous activities have been undertaken to protect them. However, in many cases the protection of fireflies has met with failure and it remains difficult for fireflies to generate spontaneously. There are many conditions required for fireflies to live and it is very hard to express such conditions in figures. Therefore it is difficult to estimate their living conditions by numerical analysis.

In the first part of this research, the present state of generation and living of the fireflies known as genjibotaru in the Kanto district are investigated. Next, the authors divide the living conditions into three items: flow condition, water quality condition and environment condition. For the numerical analysis for each item, quantification are applied. As a result, the effective living conditions for genjibotaru are established. The results will be great interest to people concerned with the protection of the river environment.

Key Words : *Luciola cruciata* , *Semisulcospira libertine* , Quantification II

1. はじめに

近年, ホタル (属名: *Luciola*) は水辺環境のバロメータとして注目され, その保護・再生への活動は活発である。このことは, 植村らが2000年に関東地方の各区市役所町村役場に対して行った“蛍に関する意識調査アンケート”の結果よりも分かる。このアンケートは, 緑が比較的少ない地域として東京都・神奈川県, 緑が比較的多い栃木県・群馬県, そして埼玉県内333ヶ所の自治体を対象に行い, 回収率は64.7%であった。

図-1は, 「ホタルを環境のバロメータと思うか」の設問に対する回答であり, ホタルを水辺環境のバロメータと考えている人は81%と大半を占めており, ホタルが一般的に水辺環境のバロメータとして認知されていることがわかる。さらに, ホタルを保護, 何らかの活動を始めた, 活動したいという項目を合わせると全体の75%を占める。

しかし, このようにホタルが注目を浴びると同時にホタルの乱獲問題は深刻である。心無い業者によってホタルの自然発生地帯は乱獲で荒らされ, 年々その発生地と数が激減している。

また, ホタルの保護・再生活動には依然として失敗例も多く, ホタルを自然発生させる活動は困難な状況が続いている。この状況は, ホタル生息のために必要とされる条件が複数あり, その条件が複雑に絡み合っていて数値化し辛いことが影響していると思われる。

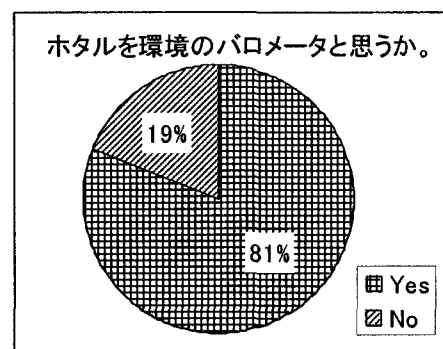


図-1 ホタルを環境のバロメータと思うか。

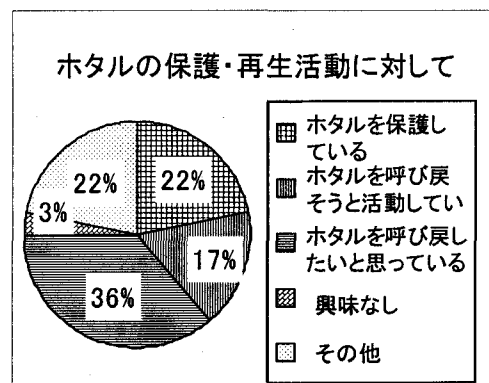


図-2 ホタルの保護活動への考え

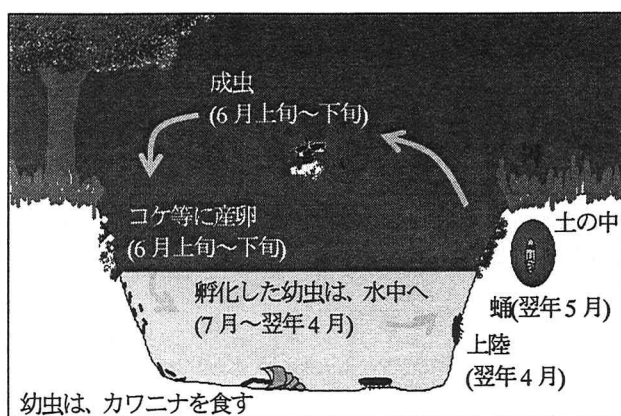


図-3 ゲンジボタルの一生

表-1 ゲンジボタルの生息条件¹⁾

水質条件	水質 (BOD, COD, pH, DO, 濁度等) ・水温
水理条件	流速・水深・川幅・水路形状
環境条件	水路周辺の樹木・草花の繁茂状況 ・空間パターン・護岸の材質・照度 ・川底の状況

そこで本研究は、関東地方におけるホタルの発生・生息の現状を把握するとともに、自然発生のための条件を示し、簡略的な式を提案することを目的とする。この結果は、河川環境保護への関心をも併せて呼び起こすと考え

る。なお、本研究では一般的に馴染みのある、清流に住むとされているゲンジボタル (学名: *Luciola cruciata* Motschulsky) に着目する。

2. ゲンジボタルの生息条件

ホタルは水辺環境のバロメータと呼ばれるように、その生態は、陸・水・空に跨る (図-3)。ゲンジボタルの生息条件は、成虫では川辺において、雄雌の光交信のための暗い空間、飛翔する空間、交尾する場所・休息する場所 (草や樹木) が挙げられ、卵では川辺の水面直上または水際のコケ、幼虫では川底に石礫、餌となるカワニナがあること、蛹では川岸に柔らかい土壌が存在すること、とされている¹⁾。そこでこれらを大きく分けると、以下のような水理条件、水質条件、環境条件が考えられる²⁾。本研究においては、この3条件に分けて検討をし、最終的にゲンジボタルに対して有効な生息条件を確立する (表-1)。

3. 多変量解析

(1) カワニナ

ゲンジボタルの唯一の餌はカワニナである。カワニナの種類は、文献によっても異なるが、日本産のカワニナは9種知られている。そのほとんどは、学名: *Semisulcospira libertina* という種の形態変異であるとされている。この中でゲンジボタルの餌として好適なのは、

カワニナ (学名: *Semisulcospira libertina*) とチリメンカワニナ (学名: *Semisulcospira reniana*) とされている³⁾。カワニナは、水生生物である。このことから、水質条件については、カワニナにも注目して研究を進めた。

(2) 多変量解析 (数量化Ⅱ類)

本研究においては、多変量解析の数量化Ⅱ類を用いて解析を行った。本解析においては外的基準をホタルの生息有無として、ホタルの「生息有」を1群、「生息無」を2群とした。解析より割り出される線形判別式 Y の係数 a_{ij}^* (カテゴリー数量) の i は、アイテムの番号を表し、 j は、カテゴリーを表すこととした。カテゴリーは河川類型Bの基準に「範囲内」を「1 (群)」, 「範囲外」を「2 (群)」とした。

各アイテムにおいて該当した項目を「1」、該当しない項目を「0」と置いて、これらを行列 D で表した。さらに、外的基準の合計を S , およびベクトルを y , 1群の小計を N およびベクトルを X_N , 2群の小計を M およびベクトルを X_M とおいた。これより、解析の精度を表す相関比 η^2 を求めるために、全変動 S_T , 群間変動 S_B を求めた。

全変動 S_T は群間変動 S_B と群内変動 S_W の和で表される。群間変動 S_B は1群、2群のデータ変動を表し、群内変動 S_W は、1および2群内のデータ変動を表す。全変動 S_T においては、行列 T を用いて求める。そこで行列 T を次のように定める。(t は転置行列を示す)

$$T = {}^t D \cdot D - \frac{1}{S} {}^t y \cdot y \quad \text{..... (1)}$$

$$S_T = [a_{12} \ a_{22} \ \cdots \ a_{i2}] \cdot T \cdot \begin{bmatrix} a_{12} \\ a_{22} \\ \vdots \\ a_{i2} \end{bmatrix} \quad \text{..... (2)}$$

より、全変動 S_T を求める。また、行列 B を用いて、群間変動 S_B を求める。行列 B は、次のように定める。

$$B = \frac{1}{N} {}^t x_N \cdot x_N + \frac{1}{M} {}^t x_M \cdot x_M - \frac{1}{S} {}^t y \cdot y \quad \text{..... (3)}$$

$$S_B = [a_{12} \ a_{22} \ \cdots \ a_{i2}] \cdot B \cdot \begin{bmatrix} a_{12} \\ a_{22} \\ \vdots \\ a_{i2} \end{bmatrix} \quad \text{..... (4)}$$

より、群間変動 S_B を求め、 S_T , S_B より η^2 (相関比の最大値) を求める。

$$\eta^2 = \frac{S_B}{S_T} \quad \text{..... (5)}$$

さらに、行列 T , B と相関比 η^2 を用いて、一般化固有値問題を解き、固有ベクトル a_{12} , a_{22} ... a_{i2} を求める。

$$[B - \eta^2 T] = 0 \quad \text{..... (6)}$$

これより、線形判別式 Y^*

$$Y^* = a_{12}x_{12} + a_{22}x_{22} + \dots + a_{i2}x_{i2} \quad \text{..... (7)}$$

となる。そこで $a_{i1}=0$ を基準に、以下の式を用い、カテゴリー数量の基準化を行い、各カテゴリー数量 a_{ij}^* を求める。

$$a_{i1}^* = a_{i1} - \frac{1}{S}(Na_{i1} + Ma_{i2}) \quad \text{..... (8)}$$

$$a_{i2}^* = a_{i2} - \frac{1}{S}(Na_{i1} + Ma_{i2}) \quad \text{..... (9)}$$

以上より、基準化したカテゴリー数量 a_{ij}^* を用いて、線形判別式 Y は

$$Y = a_{11}^*x_{11} + a_{12}^*x_{12} + \dots + a_{i1}^*x_{i1} + a_{i2}^*x_{i2} \quad \text{..... (10)}$$

と表せる。

線形判別式 Y は、各カテゴリー項目の当てはまる x_{ij} に「1」、それ以外に「0 (ゼロ)」を代入して計算し、算出された数値が正数であれば、「ホタル生息可能」、負数であれば、「ホタル生息不可能」という結果になるようにした。

4. 水質条件についての解析

(1) 解析方法

水質条件については、ゲンジボタルが生息するためには、まずカワニナが必要であることから、カワニナが生息する水質に着目した。カワニナは、指標生物であり、主に「 β -中腐水性水域」に生息する。³⁾ この「 β -中腐水性水域」は、昭和46年12月28日環境庁告示第59号「生活環境の保全に関する環境基準(河川)」では、類型Cに該当する。このことより、本研究では、類型Cであれば、カワニナは生息していると仮定した。

ホタルが生息する地域のデータは、実際にゲンジボタルが自然発生している河川で、測定したデータを用いた。また、ホタルが生息しない地域は、東京都、神奈川県、埼玉県、栃木県、群馬県のホタルが生息しないがカワニナが生息可能である類型B~Cの河川を選択した^{4~8)}。

解析は、外的基準、およびアイテムを2群(YES/NO)に分け、各カテゴリーの反応から、外的基準を判別できることから多変量解析の数量化Ⅱ類を用いた。データ区分の基準は、類型C以上でカワニナは生息可能であることから、河川類型Bを基準に用い、外的基準はホタルの「生息有」、「生息無」とし、アイテムは、公共用水域環境基準の内の生活環境項目の保全に関する環境基準に基準値が与えられる。pH、BOD、SS、DO、大腸菌群数の5項とし、カテゴリーはそれぞれ河川類型Bの基準範囲内であれば「1」、範囲外であれば「2」とした。

表-2 河川的生活環境項目とその基準^{3~7)}

項 目	基準値					生息する主な生物
	水素イオン濃度 pH	生物化学的酸素要求量 BOD	浮遊物質量 SS	溶存酸素量 DO	大腸菌群数	
AA	6.5以上 8.5以下	1mg/l以下	25mg/l以下	7.5mg/l以上	50MPN/100ml以下	カネカガ類 サワガニ
A	6.5以上 8.5以下	2mg/l以下	25mg/l以下	7.5mg/l以上	100MPN/100ml以下	ヤマ イナ
B	6.5以上 8.5以下	3mg/l以下	25mg/l以下	5mg/l以上	500MPN/100ml以下	シロビケラ アユ サケ オイカ ウグイ コイ ケ ゴ イ フナ カ サ フ ナ ヒ ノ イ サ
C	6.5以上 8.5以下	5mg/l以下	50mg/l以下	5mg/l以上	基準無し	ミズ シ ミ ド ゾ ウ ユ ス カ
D	6.0以上 8.5以下	8mg/l以下	100mg/l以下	2mg/l以上	基準無し	イ ミ ス 類 サ カ マ ガ イ
E	6.0以上 8.5以下	10mg/l以下	200mg/l以下	2mg/l以上	基準無し	

表-3 解析項目とその基準(水質条件)

アイテムNo.	i	外的基準	アイテム				
		ホタル	pH	BOD	SS	DO	大腸菌群数
1	1	ホタル有	範囲内	範囲内	範囲内	範囲内	範囲内
2	2	ホタル無	範囲外	範囲外	範囲外	範囲外	範囲外

表-4 range(水質条件)

項目名	SEP/01		MAR/02	
	range	順位	range	順位
pH	0.5480	5 位	0.0085	5 位
BOD	1.0646	2 位	0.4664	2 位
SS	0.6876	3 位	0.0509	4 位
DO	0.6457	4 位	0.3392	3 位
大腸菌群数	1.1763	1 位	1.7045	1 位

項目名	JUN/02		SEP/02	
	range	順位	range	順位
pH	0.6015	2 位	1.1872	2 位
BOD	0.0802	4 位	0.1704	3 位
SS	0.1117	3 位	0.0488	5 位
DO	0.0062	5 位	0.1639	4 位
大腸菌群数	2.1815	1 位	2.2495	1 位

(2) 解析結果(水質条件)

式(8)、(9)を用いてカテゴリー数量 a_{ij}^* を求めた結果、水理条件に対する判別式 Y_a は

$$Y_a = +0.0008x_{11} - 0.0077x_{12} \\ + 0.2756x_{21} - 0.1908x_{22} \\ + 0.0069x_{31} - 0.0439x_{32} \\ + 0.0771x_{41} - 0.2621x_{42} \\ + 1.1621x_{51} - 0.5423x_{52} \quad \text{..... (11)}$$

となった。水質条件は、2001年9月、2002年3月、6月、9月のデータに対して解析を行った。各解析結果は、表-4に示す。解析の精度を表す相関比 η^2 は、2001年9月 $\eta^2=0.5086$ 、2002年3月 $\eta^2=0.8693$ 、6月 $\eta^2=0.8218$ 、9月 $\eta^2=0.8903$ と、良好であった。また、実績群と推定群の一致度を示した判別率の中率は86.4%(SEP/01)、95.5%(MAR/02)、95.2%(JUN/02)、100%(SEP/02)と、こちらの結果も良好であった。

基準化されたカテゴリー数量 a_{ij}^* より、外的基準に対する各アイテムの影響の大きさ(range)を読むと(表-4)、月

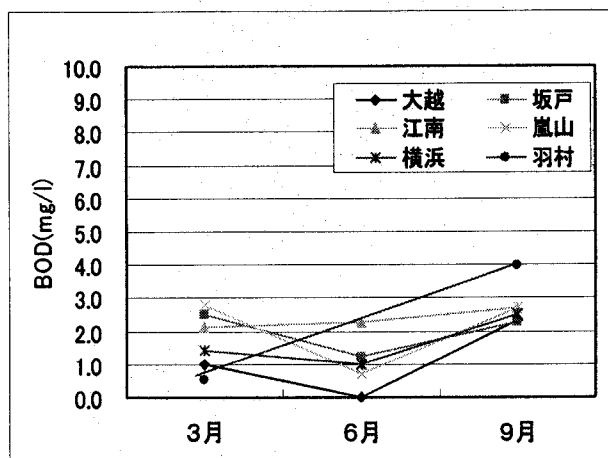


図-4 各測定地におけるBODの月変動

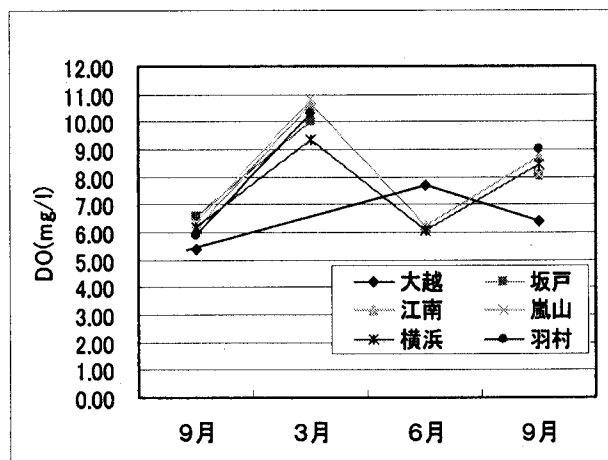


図-5 各測定地におけるDOの月変動

によってrangeの順位は異なるが、常に1位は大腸菌群であった。このことにより、水質条件を通して言えることは、大腸菌群数がゲンジボタルの生息に関して一番重要な水質項目であることがわかった。この水質条件の解析結果より大腸菌群数は5000MPN/100ml以下であることが望ましい。なお、表4中のrangeは

range = (最大カテゴリー数量) - (最小カテゴリー数量)

であり、この値が大きいと外的基準に大きく影響を及ぼす。BODなどの各測定項目は月変動するが、各項目とも平均値は、3月のデータと大きな変わりがないことから、3月のデータを基に行った解析を基準とした(図-4、図-5)。

式(11)よりサンプルスコアと推定群を求めると、図-6、表-5となり、図-6では○と×がきれいに分かれていることから判別が適切になされたと言える。表-5の解析結果では、「*」印の欄のように、実際にはゲンジボタルの生息が確認されていない所でも、解析より「ホタルの生息する環境である」という結果に変わる所が認められた。このことで水質条件のみを見れば、現在ゲンジボタルが生息しないところでも、ホタルが生息できるところがあると考えられる。

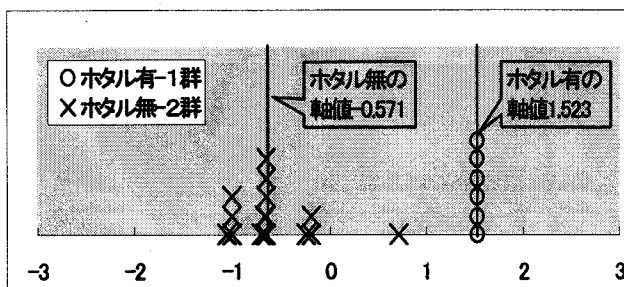


図-6 サンプルスコア(水質条件)

表-5 ゲンジボタル生息の有無一確率(%) ~水質~

回答No.	実績群	MAR/02		推定群
		蜜有=1	蜜無=2	
横浜市	1	89.9	10.1	1
羽村市	1	89.9	10.1	1
嵐山町	1	89.9	10.1	1
江南町	1	89.9	10.1	1
坂戸市	1	89.9	10.1	1
塩原町	1	89.9	10.1	1
調布市	2	4.5	95.5	2
立川市	2	4.5	95.5	2
寒川町	2	8.7	91.3	2
茅ヶ崎市	2	4.5	95.5	2
八潮市	2	8.5	91.5	2
吉見町	2	8.7	91.3	2
本庄市	2	8.7	91.3	2
草加市	2	4.0	96.0	2
鴻巣市	2	18.5	81.5	2
川里村	2	8.7	91.3	2
杉戸町	2	7.9	92.1	2
国分寺町	2	20.2	79.8	2
藤岡町	2	8.5	91.5	2
高崎市	2	8.7	91.3	2
桐生市	2	20.2	79.8	2
大越庭園	2	62.4	37.6	*1

表-6 解析項目とその基準(水理条件)

アイテムNo.	i	外的基準		アイテム		
		ホタル	水深	流速	川底	
					土	石・砂利・コンクリート
カテゴリー	1	ホタル有	範囲内	範囲内	有	有
	2	ホタル無	範囲外	範囲外	無	無

5. 水理条件についての解析

(1) 解析方法

水理条件についても、水質条件同様、ホタルが生息する地域のデータは、実際にゲンジボタルが自然発生している河川で測定したデータを用いた。ホタルが生息しない地域は、水質条件の解析に用いた地域の中からホタルが生息出来そうな6ヶ所を選び、現地調査を行い、そのデータを用いた。

水理条件については、ゲンジボタルの生息条件⁹⁾を参考に水深は30cm以下、流速は35cm/s以下であれば範囲内とした。

また、カテゴリーについては「範囲内」または、「有」であればカテゴリー「1」、 「範囲外」または、「無」であれば「2」とした(表-6)。

表-8 range (水理条件)

項目名	range	順位
水深	1.5486	1 位
流速	0.1936	5 位
川底(土)	1.1615	2 位
川底(石・砂利)	0.8388	3 位
川底(コンクリート)	0.3872	4 位

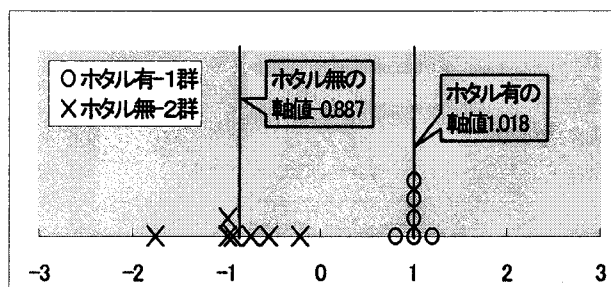


図-7 サンプルスコア(水理条件)

(2) 解析結果

解析の精度を表す相関比 η^2 は、 $\eta^2=0.8874$ と、良好であった。また、実績群と推定群の一致度を示した判別の中率は100%と、こちらの結果も良好であった。

ゲンジボタルの生息に対しての影響を表す range の結果は、表-8 より、水深、川底(土)、川底(石・砂利)の順で大きく影響を与えていることが分かった。

また、水理条件に対するゲンジボタル生息を判定する線型判別式 Y_b は、カテゴリー数量より、

$$\begin{aligned}
 Y_b = & +0.4765x'_{11} - 1.0721x'_{12} \\
 & - 0.0447x'_{21} + 0.1489x'_{22} \\
 & - 0.9828x'_{31} + 0.1787x'_{32} \\
 & + 0.2581x'_{41} - 0.5807x'_{42} \\
 & - 0.2382x'_{51} + 0.1489x'_{52} \quad \cdots (12)
 \end{aligned}$$

となった。この式よりサンプルスコアと推定群を割り出すと、図-7、表-10 となり、図-7 より○と×がはっきりと分かれていることから判別が良好であったといえる。

この解析より、ホタルに対して好適な水理条件は、水深は浅く(30cm以下)、流速は速い(35cm/s以上)であることがわかった。さらに、川底は、石・砂利が好ましく、土やコンクリートは良くないということもわかった。

6. 環境条件についての解析

(1) 解析方法

環境条件においても、「有」であればカテゴリー「1」、
「無」であればカテゴリー「2」とした。さらに、護岸角度については45°以上を「急」とし、「急」であれば、カテゴリー「1」とした(表-7)。また、護岸の材質については「土」の項目に「木板」を加えた。

(2) 解析結果

解析の精度を表す相関比 η^2 は、 $\eta^2=0.5538$ と、良好で

表-7 解析項目とその基準(環境条件)

項目名	基準	アイテム				
		ホタル	護岸角度	土	石	コンクリート
アイテムNo. i		1	2	3	4	5
カテゴリー	1	ホタル有	急	有	有	有
	2	ホタル無	緩	無	無	無

表-9 range (環境条件)

項目名	range	順位
護岸角度	1.5554	4 位
護岸(土)	0.8430	3 位
護岸(石)	1.5983	1 位
護岸(コンクリート)	0.3454	5 位
護岸上の草木	1.2457	2 位

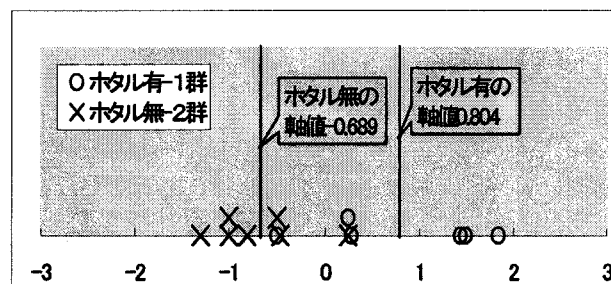


図-8 サンプルスコア(環境条件)

表-10 ホタル生息の有無-確率(%) ~水理・環境~

回答No.	水理条件			環境条件		
	堂有-1	堂無-2	判定群	堂有-1	堂無-2	判定群
横浜市	85.6	14.4	1	89.6	10.4	1
嵐山町	85.6	14.4	1	88.8	11.2	1
江南町	80.5	19.5	1	58.6	41.4	1
坂戸市	85.6	14.4	1	57.0	43.0	1
羽村市	85.6	14.4	1	93.5	6.5	1
塩原町	89.6	10.4	1	30.3	69.7	**2
調布市	24.2	75.8	2	31.6	68.4	2
立川市	37.0	63.0	2	57.0	43.0	***1
八潮市	18.1	81.9	2	11.6	88.4	2
吉見町	13.3	86.7	2	17.1	82.9	2
鴻巣市	3.1	96.9	2	17.1	82.9	2
川里村	12.0	88.0	2	30.3	69.7	2
大塚市	12.0	88.0	2	21.5	78.5	2

あった。また、実績群と推定群の一致度を示した判別の中率は84.6%と、こちらの結果も良好であった。

ゲンジボタルの生息に対しての影響を表す range の結果は、表-9 より、護岸(石)、護岸角度、護岸上の草木の順で大きく影響を与えていることが分かった。

また、環境条件に対するゲンジボタル生息を判定する線型判別式 Y_c は、カテゴリー数量より、

$$\begin{aligned}
 Y_c = & +0.4786X''_{11} - 1.0768X''_{12} \\
 & + 0.5188X''_{21} - 0.3242X''_{22} \\
 & + 0.8606X''_{31} - 0.7377X''_{32} \\
 & + 0.1594X''_{41} - 0.1860X''_{42} \\
 & + 0.6708X''_{51} - 0.5750X''_{52} \quad \cdots (13)
 \end{aligned}$$

となった。この式よりサンプルスコアと推定群を割り出すと、図-8、表-10 となり、図-8 より○と×がはっきり分かれていることから判別が上手くいっているといえる。

表-11 サンプルスコア

測定地	実績群	水質条件 サンプルスコア	水理条件 サンプルスコア	環境条件 サンプルスコア	推定群
横浜市	1	1.5225	1.0175	1.4998	1
嵐山町	1	1.5225	1.0175	1.4425	1
江南町	1	1.5225	0.8239	0.2898	1
坂戸市	1	1.5225	1.0175	0.2469	1
塩原	1	1.5225	1.2111	-0.5013	1
調布市	2	-0.9875	-0.5311	-0.4583	2
立川市	2	-0.9875	-0.2085	0.2469	2
八潮市	2	-0.6568	-0.7247	-1.3014	2
吉見町	2	-0.6483	-0.9183	-0.9989	2
鴻巣市	2	-0.2328	-1.7571	-0.9989	2
川里村	2	-0.6483	-0.9828	-0.5013	2
大越庭園	2	0.7169	-0.9828	-0.8109	2

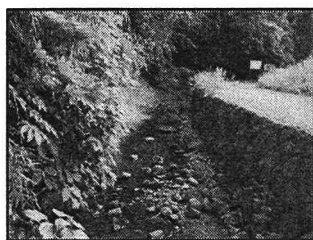


図-9 横浜市

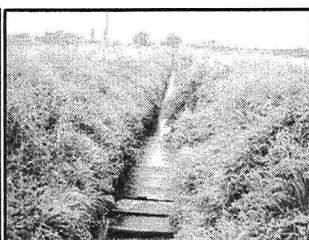


図-10 調布市

この解析では、ホタルに対して好適な環境条件は、護岸角度は急（角度 45° 以上）で良く、護岸上に草木は必要となった。さらに、護岸の材質としては、土、石、コンクリート共に有効であるという結果になった。

7. 結果と考察

環境条件で取り上げた護岸上の草木は、光を遮り、陰（暗闇）を作り、護岸の温度上昇を和らげ湿度を保つ役割を果たすため重要であると考えられる。また、表-10 の解析結果より、「***」を付けたところのように、実際にはゲンジボタルの生息が確認されていない所でも、解析より「ホタルの生息する環境である」という結果に換わる所が認められた。逆に「**」を付けたところのように、実際にはゲンジボタルの生息が確認されている所でも、解析より「ホタルの生息しない環境である」という結果に換わる所も認められた。このことにより 1 条件のみを見るのではなく、水質、水理、環境条件を通してゲンジボタルの生息条件を検討しなければならないことがわかった。

これら水質・水理・環境条件の 3 条件に分けて検討をした結果をまとめたのが表-11 である。図-9 はホタルが生息している横浜市の写真である。護岸に草木があり、川底に石があることがホタルに好条件となっている。図-10 は調布市の写真である。BOD、大腸菌群の値が高いこと、川底がコンクリートであることが、ホタルの生息に悪条件となっており、一見ホタルが生息しそうであるが、ホタルが生息していない。以上の結果より、

$$\begin{aligned} Y_a > 0, Y_b > 0 \text{ かつ } Y_c > 0 \\ \text{または, } Y_a > 0, Y_b > 0 \text{ かつ } Y_c < 0 \end{aligned} \quad \text{.....(14)}$$

Y_a : 水質条件より得たサンプルスコア



図-11 大越庭園（東洋大学）

Y_b : 水理条件より得たサンプルスコア

Y_c : 環境条件より得たサンプルスコア

をゲンジボタルに対しての生息条件とした。

以上の条件を満たす場合、ホタルの生息が可能である。

今回は環境条件 Y_c について、正負にかかわらずホタルの生息の可能性が出た。これは、樹木による光の遮断だけでなく建物や街灯等の人工的な明りの存在を十分に考慮する必要があることを示唆しているため、今後の課題としたい。

さらに今後は、水質条件が良く、環境条件、水理条件に若干の改良を行えば、ゲンジボタル生息の可能性のある東洋大学川越キャンパス内にある大越庭園のせせらぎ（図-11）について、この解析を有効に利用し、ゲンジボタルを自然発生させたいと思う。

【参考文献】

- 1) 遊磨正秀, 生田和正: 現代日本生物誌 2 ホタルとサケ, 岩波書店, 2000.
- 2) 植村三香・甲山貴之・福井吉孝: 水質からみたホタルの実態調査と自然発生の条件について, 関東支部技術研究発表会講演概要集 Vol. 29, pp186-187, 2002.
- 3) 浦部美佐子: 日本産カワニナの生態とホタル事業, 環境保全学の理論と実践, 信山社, pp45-64, 2000.
- 4~8) 東京都, 神奈川県, 埼玉県, 栃木県, 群馬県: 平成 11 年度公共用水域及び地下水の水質測定結果等
- 9) (財) 河川環境管理財団: 河川整備基金事業 河川における水質環境向上のための総合対策に関する研究論文集, pp159, 2001.
- 10) 有馬哲, 石村貞夫: 多変量解析のはなし, 東京図書刊, 1987.
- 11) 大場信義: 日本の昆虫⑩ゲンジボタル, 文一総合出版, 1988.
- 12) 遊磨正秀: ホタルの水, 人の水, 著評論社, 1993.
- 13) 芝田明子, 笹本誠, 堀茂樹: 河川水辺の国際調査に基づく魚類生息環境の予測手法の開発, 水工学論文集, 第 43 巻, pp. 959-964, 1999.
- 14) 遊磨正秀: ゲンジボタル成虫の生息密度におよぼす照度と樹冠被度の影響, 応用生態工学 4 (1), pp59-63, 2001.
- 15) 金尾充浩, 後藤益滋, 浮田正夫, 関根雅彦, 樋口隆哉, 小澤雅史: 沢波川におけるホタル護岸の有効性に関する研究, 土木学会第 57 回年次学術講演会, II-130 pp259-260, 2002.
- 16) 中島重旗: 土木技術者の陸水環境調査法, 森北出版株式会社, 1983.

(2002. 9. 30 受付)