

(Ⅱ-21) 水質から見たホタルの実態調査と自然発生について

○東洋大学大学院工学研究科 学生会員 植村 三香
埼玉県立いずみ高等学校教諭 甲山 貴之
東洋大学 工学部 正会員 福井 吉孝

1. はじめに

近年、ホタル保護への活動は活発になり、論文や書籍も続々と出されているが、保護活動には未だ失敗例も多く、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、ホタルの生息環境条件が数値化し辛いこと、また生息条件が複数存在し、それらが複雑に関係していることが影響している。

このようにホタルの生息条件が複雑に絡んでいることから、まず各項目を単独で扱い、最終的にそれらの結果を一つにまとめることで混乱を防ぐことにした。そこで今回はゲンジボタルの数ある生息環境条件の中でも、水質について注目した。東京都・神奈川県・埼玉県・栃木県・群馬県においてホタルが生息する河川、及び生息しない河川の水質データを解析し、核となるホタル生息のための水質条件を求めた。

2. ゲンジボタルの生息条件

ホタルは水辺環境のパロメータと呼ばれるように、その生態は、陸・水・空に跨る。このため、ゲンジボタルの生息条件を大きく分けると、以下のような水理条件、水質条件、環境条件が考えられる¹⁾。

表-1 ゲンジボタルの生息条件¹⁾

水理条件	-----	流速・水量・水深・法面勾配 水際線・川幅・水路形状
水質条件	-----	水質 (BOD, COD, pH, DO 等) 水温・濁り
環境条件	-----	水路周辺の樹木・土壌・植生 空間パターン・護岸・底質・照度

3. データ解析

3. 1 データ解析概要

ゲンジボタルの唯一の餌はカワニナである。このことから、カワニナが「生息する」場合でも、ゲンジボタルは「生息する、生息しない」ということが考えられる。

また、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²⁾。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へ行き、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、カワニナの生息可能である類型B～Cの河川を選択した^{3～7)}。

〈自然発生データ採用地域名〉

神奈川県横浜市、東京都羽村市、埼玉県嵐山町、
埼玉県江南町、埼玉県坂戸市、栃木県塩原町

〈参考データ採用地域名〉

東京都調布市 多摩川 多摩川原橋
東京都立川市 残堀川 立川橋
神奈川県寒川町 目久尻川 河原橋
神奈川県茅ヶ崎市 小出川 宮の下橋
埼玉県八潮市 中川 潮止橋
埼玉県吉見町・川島町 市野川 徒歩橋
埼玉県本庄市 元小山川 県道本庄妻沼線交差点
埼玉県草加市 綾瀬川 槐戸橋
埼玉県鴻巣市 荒川 御成橋
埼玉県川里村・鴻巣市 元荒川 荒井橋
埼玉県杉戸町 大落古利根川 杉戸古川橋
栃木県国分寺町 姿川 宮前橋
栃木県藤岡町 三杉川 未流
群馬県高崎市 井野川下流 鎌倉橋
群馬県桐生市 桐生川 小沼橋

3. 2 データ区分

解析は数量化Ⅱ類を用いた^{8～9)}。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が、ここでは河川類型Bを基準に用い、目的変数はホタルの「生息有」、「生息無」とし、「有」であれば1、「無」であれば2とした。また、説明変数は、pH、BOD、SS、DO、大腸菌群数とし、それぞれ類型B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 類型	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	5000MPN/100ml以下	カトナガ類 ザクガニ
A	6.5以上 8.5以下	2mg/l以下	25mg/l以下	7.5mg/l以上	5000MPN/100ml以下	ヤマメ イワナ
B	6.5以上 8.5以下	3mg/l以下	25mg/l以下	5mg/l以上	5000MPN/100ml以下	シノビケラ アユ サケノイワナ コイ ゲンゴロウ フナ カワニナ ヒル
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	ミスミシロウ ユスリカ
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	イモミズ類 サガキガイ
E	6.0以上 8.5以下	10mg/l以下	100mg/l以下	2mg/l以上	基準無し	

表-3 解析項目とその基準

カテゴリ	目的変数	説明変数					
	ホタル	pH	BOD	SS	DO	大腸菌	
1	ホタル有	範囲内	範囲内	範囲内	範囲内	範囲内	範囲内
2	ホタル無	範囲外	範囲外	範囲外	範囲外	範囲外	範囲外

Keyword：ゲンジボタル、水質、数量化Ⅱ類

連絡先：〒350-8585 埼玉県川越市鯨井 2100 TEL 049-239-1404 Fax 049-231-4482

表-4 解析に利用したデータ一覧

地区名	量 有無	ph	BOD	SS	DO	大腸菌	河川類型
横浜市	1	7.8	4.0	13	7.8	1.90E+04	-
羽村市	1	8.3	0.5	3	6.2	6.80E+02	-
嵐山町	1	7.5	0.7	3	6.6	6.20E+03	-
江南町	1	7.4	0.9	6	5.8	1.30E+04	-
坂戸市	1	7.5	0.6	4	8.3	4.10E+03	-
塩原町	1	8.0	0.9	2	7.0	3.90E+03	-
調布市	2	7.5	9.0	2	5.0	1.10E+04	-
立川市	2	7.4	11.7	1	4.0	2.00E+04	C
寒川町	2	7.5	6.0	22	6.4	8.00E+04	B
茅ヶ崎市	2	7.6	6.5	19	4.8	3.30E+04	C
八潮市	2	7.4	5.2	15	6.4	9.30E+03	C
吉見町	2	8.5	5.5	14	9.5	3.90E+06	C
本庄市	2	7.4	5.0	11	4.8	1.50E+07	C
草加市	2	7.4	7.1	43	4.9	3.40E+04	B
鴻巣市	2	7.9	1.2	51	9.9	1.80E+04	C
川里村	2	7.4	7.3	14	6.5	2.20E+05	B
杉戸町	2	7.3	4.3	26	7.0	1.20E+05	C
国分寺町	2	7.6	1.9	12	10.3	1.30E+05	C
藤岡町	2	7.6	4.1	21	9.9	1.60E+05	B
高崎市	2	8.1	3.7	18	11.0	1.10E+04	B
桐生市	2	7.7	1.1	3	9.9	1.20E+04	C
大越庭園	2	6.0	3.3	6	2.4	5.00E+00	-

4. 解析結果

解析結果は、解析の精度を表す相関比 $\eta^2=0.5086$ 、有意差判定確率 P 値 $=0.0002$ 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が86.4%であったことも含めて考えると、この解析の分析精度は「やや良い」と判断出来る。

表-5 レンジ表

項目名	レンジ	順位
ph	0.5480	5位
BOD	1.0646	2位
SS	0.6876	3位
DO	0.6457	4位
大腸菌	1.1763	1位

ゲンジボタルの生息に強く関係している水質項目はカテゴリースコアの差より求めたレンジの値より大腸

菌数、BODの順である事が分かった。大腸菌数群がボタルの生息に関係があるということは、し尿処理の重要性を示している。

また、解析より得られたカテゴリースコアを係数にして求められるゲンジボタル生息を判定する線型判別式 Y は、

$$Y = +0.0498X_{11} - 0.4982X_{12} \\ + 0.6775X_{21} - 0.3871X_{22} \\ + 0.0938X_{31} - 0.5938X_{32} \\ + 0.1468X_{41} - 0.4990X_{42} \\ + 0.9624X_{51} - 0.2139X_{52}$$

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-2、表-6となる。図-2よりゼロを境にしてプラス、マイナスが○と×にきれいに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。図-3の「**」を付けた2ヶ所のよう、実際にはボタルの生息が確認されていない所でも、解析より「ボタルの生息する環境である」という結果に換わる所が出てきた。さらに、「*」を付けた所のように、「ボタルの生息出来ない」という結果ながら、4割近く「ボタル生息可能」が認められる所もあった。このように水質条件のみを見れば、現在ボタルが生息しないところでも、ボタルが生息できるのではないかと考えられる。

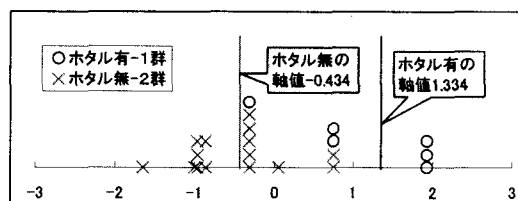


図-2 サンプルスコア

表-6 解析後のボタル有無の確率(%)

回答No.	ボタル有=1	ボタル無=2	推定群
横浜市	25.3	74.7	2
羽村市	92.5	7.5	1
嵐山町	65.1	34.9	1
江南町	65.1	34.9	1
坂戸市	92.5	7.5	1
塩原町	92.5	7.5	1
調布市	10.8	89.2	2
立川市	25.3	74.7	2
寒川町	12.4	87.6	2
茅ヶ崎市	* 65.1	34.9	** 1
八潮市	25.3	74.7	2
吉見町	10.8	89.2	2
本庄市	25.3	74.7	2
草加市	12.4	87.6	2
鴻巣市	3.9	96.1	2
川里村	25.3	74.7	2
杉戸町	10.8	89.2	2
国分寺町	* 38.3	61.7	2
藤岡町	25.3	74.7	2
高崎市	10.1	89.9	2
桐生市	* 65.1	34.9	** 1
大越庭園	* 44.3	55.7	2

5. 考察

ボタルの生息しない場所においても、生息出来る可能性が高い場所があることがわかった。今回はゲンジボタルの唯一の餌であるカワナを基点としたため、生活環境の保全に関する環境基準項目を利用し解析を行ったが、ゲンジボタルが生息する水質条件は他にもいろいろ発表されている。今後は、水質項目を増やすことも検討し、最終的には、表-1に掲げたゲンジボタル生息条件全体を含んだ解析式の構築を行いたい。

また、本研究では東洋大学川越キャンパス内（今回解析に用いた「大越庭園」）においてゲンジボタルを自然発生させる試みを検討している。今回、大越庭園の解析結果は、「生息しない」ではあったが、その推定群の判別内容は、可：不可 $=4.4:5.6$ とやや希望がみられる結果を得られた。

【参考文献】

- (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(2001) p159
- 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 3～7)
- 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
- 有馬 哲、石村貞夫：多変量解析のはなし、東京図書刊
- 菅 民郎：多変量解析の実践(下)、現代数学社
- 植村三香・天野広裕・福井吉孝：ボタルを通してみた河川の環境解析、関東支部技術研究発表会講演概要集 Vol.28
- 大場信義：日本の昆虫②ゲンジボタル、文一総合出版
- 遊磨正秀：ボタルの水、人の水、著評論社