

ホタル生息のための水質条件について

東洋大学工学部 学生員 ○村田 泰宏
東洋大学工学部 正会員 福井 吉孝

1. 目的

ゲンジボタルの生態は空中・水中・土中に跨ることから水辺環境のパロメーターと考えられる。そのホタルが生息しているということは我々人間にとって好ましい水辺であるとの評価を受ける。

そこで、我々の身近にある河川でホタルの生息が可能であるか否かを調べるために、数量化 類を用いてホタル生息可能性線形判別式を作成することにした。そのために、まず、ホタルが生息する河川、及び生息していない河川のデータを収集解析し、ホタル生息のための条件を考えた。その後、生息していない河川での生息の可能性についての検討をした。

2. ゲンジボタルの生息条件

本研究では、ゲンジボタルを対象として解析を行った。ゲンジボタルの生息には、水質条件・水理条件・環境条件の3項目が大きく影響している(表-1)¹⁾。今回はその中でも特に水質条件について詳細な解析を行った。

表-1 ゲンジボタルの生息条件

水理条件:流速・流量・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, 大腸菌群数等)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

カワニナ、ゲンジボタルの幼虫は水質階級の指標生物であり、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、生活環境の保全に関する環境基準(河川)(表-2)では、類型Cに該当する。類型C型であればゲンジボタルは生息している、つまり、可能性がある。

しかし、類型C型では大腸菌群数の有無に触れていないが、ホタルの生息には大腸菌群数が強く関係しているといわれている³⁾。そこで、大腸菌群数も考慮に入れ類型A型、類型B型に対応する判定の解析も行った。水理条件と環境条件は実際にゲンジボタルが生息している地域のデータを基にした。

3.2 解析方法

解析は数量化 類を用いた。目的変数はホタルの「生息可能性 有」を1、「生息可能性 無」を2とした。説明変数は、pH、BOD、SS、DO、大腸菌群数とし 表-3 表-4 表-5 のように区分した。また、水理条件と環境条件については表-6 表-7 のように分類した。

表-2 河川的生活環境項目とその基準²⁾

類型	基準値				
	水素イオン濃度 (pH)	生物化学的酸素要求量 (BOD)	浮遊物質 (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
A	6.5以上 8.5以下	2mg/l以下	25mg/l以下	7.5mg/l以上	1,000MPN/100ml以下
B	6.5以上 8.5以下	3mg/l以下	25mg/l以下	5mg/l以上	5,000MPN/100ml以下
C	6.5以上 8.5以下	5mg/l以下	50mg/l以下	5mg/l以上	-
D	6.0以上 8.5以下	8mg/l以下	100mg/l以下	2mg/l以上	-
E	6.0以上 8.5以下	10mg/l以下	ゴミ等の浮遊が認められないこと	2mg/l以上	-

表-3 水質条件(類型 A 型)

アイテム(i) カテゴリ(j)	pH (1)	BOD (2) mg/l	SS (3) mg/l	DO (4) mg/l	大腸菌群数 (5) MPN/100ml
カテゴリ (1)	6.5 ~ 8.5	2以下	25以下	7.5以上	1000以下
カテゴリ (2)	範囲外	3以上	26以上	7.4以下	1001以上

表-4 水質条件(類型 B 型)

アイテム(i) カテゴリ(j)	pH (1)	BOD (2) mg/l	SS (3) mg/l	DO (4) mg/l	大腸菌群数(5) MPN/100ml
カテゴリ (1)	6.5 ~ 8.5	3以下	25以下	5以上	5000以下
カテゴリ (2)	範囲外	4以上	26以上	4以下	5001以上

表-5 水質条件(類型 C 型)

アイテム(i) カテゴリ(j)	pH (1)	BOD (2) mg/l	SS (3) mg/l	DO (4) mg/l	大腸菌群数 (5)
カテゴリ (1)	6.5 ~ 8.5	5以下	50以下	5以上	-
カテゴリ (2)	範囲外	6以上	51以上	4以下	-

表-6 水理条件

アイテム(i) カテゴリ(j)	水深 (1)	流速 (2)	川幅 (3)
カテゴリ (1)	5 ~ 50cm	10 ~ 40cm/s	1 ~ 3m
カテゴリ (2)	範囲外	範囲外	範囲外

表-7 環境条件

アイテム (i) カテゴリ (j)	照度 (1)	河床 (2)	護岸 (3)	植生 (4)
カテゴリ (1)	0.05 ~ 0.2lx	礫有	礫有	有
カテゴリ (2)	範囲外	礫無	礫無	無

Keyword:ゲンジボタル,水質,数量化 類

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

4. 解析結果

解析の結果、相関比 η^2 は表-8 のようになった。相関比は 0.5 以上で 1 に近いほど良く判別されているので、水質条件(類型B型)を用いると生息の可否が適正に判定できることがわかった。また、解析より得られたカテゴリースコア: a_{ij} を係数にして求められるゲンジボタル生息の可否を判定する判別式 $Y_{(A-E)} = \sum a_{ij} \cdot x_{ij}^{(4)}$ は

水質条件(類型A型) Y_A

$$Y_A = +0.0075x_{11} - 0.1571x_{12} + 0.7002x_{21} - 0.4001x_{22} + 0.1316x_{31} - 0.4475x_{32} - 0.2311x_{41} + 0.1926x_{42} + 2.8760x_{51} - 0.2876x_{52} \quad (1)$$

水質条件(類型B型) Y_B

$$Y_B = -0.0014x_{11} + 0.0301x_{12} + 0.0039x_{21} - 0.0039x_{22} - 0.0215x_{31} + 0.0731x_{32} - 0.0014x_{41} + 0.0065x_{42} + 1.4360x_{51} - 0.6701x_{52} \quad (2)$$

水質条件(類型C型) Y_C

$$Y_C = +0.0256x_{11} - 0.5374x_{12} + 0.4094x_{21} - 1.0918x_{22} + 0.0938x_{31} - 1.9703x_{32} + 0.1706x_{41} - 0.7677x_{42} \quad (3)$$

水理条件 Y_D

$$Y_D = -0.0721x_{11} + 0.3243x_{12} + 0.2883x_{21} - 0.1081x_{22} + 0.6487x_{31} - 1.7298x_{32} \quad (4)$$

環境条件 Y_E

$$Y_E = +0.3038x_{11} - 0.3545x_{12} + 0.1772x_{21} - 0.1519x_{22} + 0.0633x_{31} - 0.1013x_{32} + 0.7089x_{41} - 0.6076x_{42} \quad (5)$$

となった。ここで、 x_{ij} はダミー変数であり、アイテム i のカテゴリー j に反応したときは 1、その他のときは 0 となる。水質条件式は Y_A, Y_B, Y_C それぞれが 0 より大きく、そして同時に $Y_D > 0, Y_E > 0$ が成立するとゲンジボタル生息が可ということになる。5 つの式を用いてサンプルスコア (ゲンジボタルの有無を示す) を計算した。現地調査(計算値)でゲンジボタルが見られた河川(生息可能)ならば正の値、ゲンジボタルが生息していない河川(生息不可能)ならば負の値としてグラフを作成した (図-1, 図-2, 図-3)。現地調査と計算値の合致度は水質条件(類型A型) 77.27% 水質条件(類型B型) 95.45% 水質条件(類型C型) 63.63% となり水質条件(類型B型) が良いと考えられる。生息の可否を判定する水質条件式(1), (2), (3) を東洋大学川越キャンパス内のせせらぎの水質データ表-8 に当てはめると、サンプルスコアは水質条件(類型A型) $Y_A = +0.7443$ 水質条件(類型B型) $Y_B = +1.4155$ 、水質条件(類型C型) $Y_C = +0.6994$ となり、すべての生息条件式でホタルが生息可能となった。

5. 考察

類型B型にあげられている項目及びその値の範囲を判定基準値として用いることにより、適用性の高い線形判別式およびサンプルスコアが得られた。

表-8 相関比

水質条件	類型A型	類型B型	類型C型
η^2	0.4	0.8	0.1

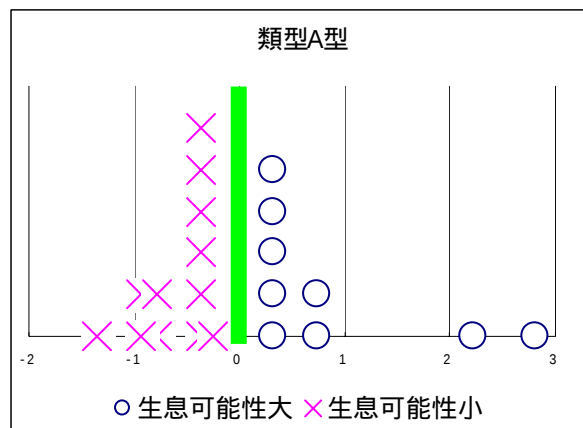


図-1 サンプルスコア(類型A型)

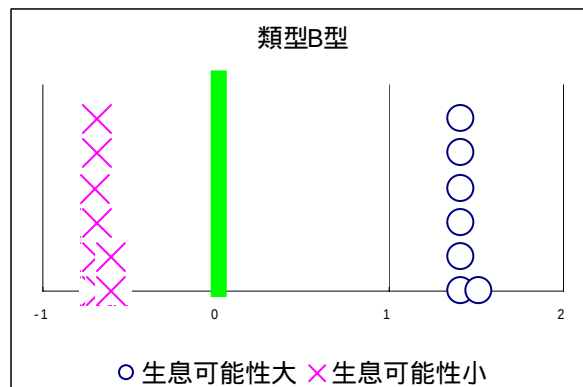


図-2 サンプルスコア(類型B型)

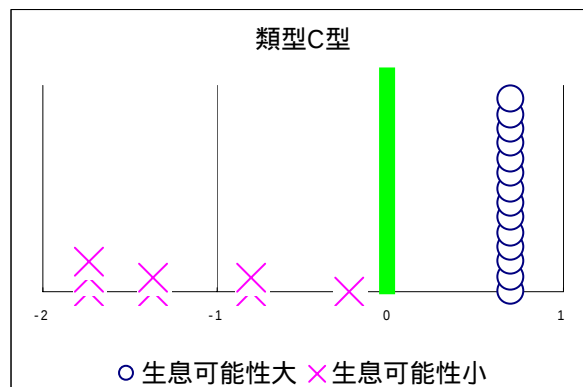


図-3 サンプルスコア(類型C型)

表-8 対象河川データ

地区名	ph	BOD	SS	DO	大腸菌
大越庭園	7.1	1.67	5.78	6.16	3000

【参考文献】

- 1) 植村美香・石川貴子・首藤要介・福井吉孝:ゲンジボタルの生息について,水工学論文集,第47巻,pp1117-1122
- 2) 環境基本法 生活環境項目
- 3) 財)九州環境管理協会 <http://www.keea.or.jp/qkan/>
- 4) 有馬哲,石村貞夫:多変量解析のはなし,東京図書刊,1987