

博多湾におけるホトトギスガイの消長死滅シミュレーション

福岡大学工学部 正会員 ○山崎惟義 正会員 渡辺亮一
 福岡県保健環境研究所 正会員 熊谷博史 (財)九州環協管理協会 藤田健一

1. はじめに

前報にて、博多湾東部海域ではホトトギスガイが高密度に発生すること、夏季の高温の成層期にはほぼ絶滅状態になり貧酸素水塊が長期間に継続し底生生物の大量死を招いていることを報告した。さらに、ホトトギスガイの酸素消費速度は他の要因に比べてかなり高く、貧酸素水塊は初期のホトトギスガイの死亡によってトリガーされている可能性があることなどを報告した¹⁾。このように、博多湾東部海域におけるホトトギスガイの消長死滅は貧酸素化や底生生物を含む生態系に大きな影響を与えていると考えられる。したがって、その消長死滅を予測することは、この海域の環境保全のためにどうしても解決しなければならない問題である。そこで、本研究にはおいては、この海域におけるホトトギスガイの消長死滅のモデルを作成し、シミュレーションを行い、調査結果と比較した。

2. 支配方程式

本海域のホトトギスガイは明瞭な加入コホートを形成し、それが時間と共に成長、死滅していく。このようなコホート解析には次式が多用される²⁾。

$$\frac{\partial n}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} [g(x) \cdot n] - u(x)$$

ここで、 n は時刻 t における殻長 x のホトトギスガイの単位面積あたりの数、 $g(x)$ は成長速度、 $u(x)$ は死亡率である。

$g(x)$ としてはロジスティック成長を考え²⁾次式で与えた。

$$g(x) = rx \left(1 - \frac{x}{K} \right)$$

ここで、 r は成長速度係数、 K は最大殻長である。

前報でホトトギスガイは春から秋にかけて成長速度が速く、秋から春にかけて遅くなることを示した。ここでは温度のみの関数とし、前報の成長速度と温度との関係を考慮し次式で表されるものとした。

$$r(T) = \frac{R_0}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp \left\{ -\frac{(T - \mu)^2}{2\sigma^2} \right\}$$

ここで、 R_0 、 μ 、 σ は成長速度係数の温度依存性に関する定数、 T は泥温である。

本研究では以上の式を差分法を用いて計算した。

3. 入力条件

・初期値

博多湾 T-3 地点における 2001 年 9 月 18 日のデータを初期値とした。図 1 のように、この分布は A,B,C の 3 つのコホートの加入によると思われる。各コホートの殻長分布は正規分布とみなされるので、次式で表されるとした。

$$N_i(x) = \frac{N_{i0}}{\sqrt{2\pi}\sigma_{Ni}} \exp \left\{ -\frac{(x - \mu_{Ni})^2}{2\sigma_{Ni}^2} \right\}$$

図 1 の A,B,C がその各コホートで A+B+C はその和である。

・温度

博多湾における泥温の季節変化はほぼ次式で表された。

$$T(t) = 17.4 - 7.78 \sin(t) - 1.515 \sin(2t),$$

$$t = 2\pi(d - 117) / 365$$

ここで、 d は 2001 年 7 月 17 日からの経過日数である。

・成長死滅パラメータ

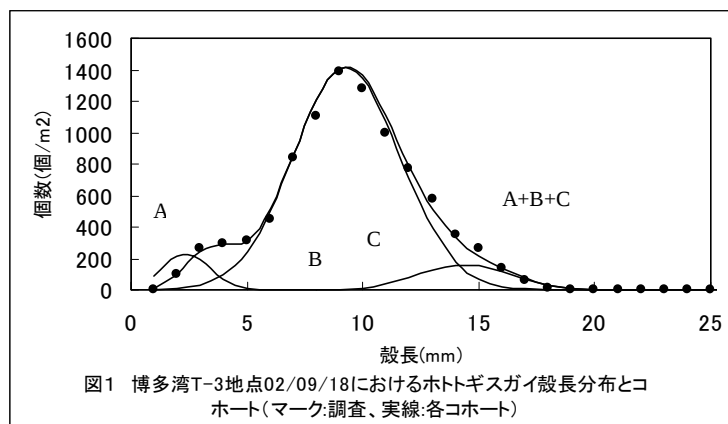


図1 博多湾T-3地点02/09/18におけるホトトギスガイ殻長分布とコホート(マーク:調査、実線:各コホート)

キーワード：生態モデル、シミュレーション、博多湾、ホトトギスガイ、成長・死滅
 連絡先：〒814-0180 福岡市城南区七隈 8-19-1 福岡大学工学部社会デザイン工学科

成長、死滅のパラメータは $\mu = 20.0$ $\sigma = 3.0$ $R_0 = 3.0$ $U = 0.1$ (U は一定) とした。

4. 計算結果

本地点におけるホトギスガイの消長死滅の計算結果を図2に示した。2001年7月から8月にかけて、底生生物が死滅し、2002年9月より新たに稚貝が参入している。そのため、この時期から各コホートを追跡するのに好都合である。

図2の計算結果は状のように、2001年9月18日をスタートに1ヶ月おきに2002年11月まで示した。この図からわかるように、全体としては死亡により減少しながら、右の方へ成長しながら移動している。また、成長速度にロジスティク式を用いているので、コホートの山が右に急な左に緩い分布へと変化している。

5. 調査結果との比較

図3では、01/09、01/11、02/06、02/11の計算結果と調査結果を示した（図中の矢印がそれぞれの結果をさしている）。この図を見ると、両結果のコホートの山のピークは大体同じ殻長を示している。このことから、成長に関してはほぼ追跡できたものと考えられる。

一方、ピークの殻長の個数は両結果でかなりの食い違いを生じている。この理由は以下のように考えられる。調査では、同一と思われる海域からホトギスガイを採取しており、同一の個体の殻長を追跡しているわけではない。海域に生息する実際のホトギスガイを母集団とするサンプルを調査しているためと考えられる。すなわち、Jefferrey³⁾ が指摘しているように、ホトギスガイは森下指数

(Morishita Index)が1から5と高く、パッチ状に生息し、このような状態のものを採取すると、サンプル誤差が大きくなる可能性が高い。しかし、その各パッチはほぼ同一のコホート組成となっていると考えられるため、そのコホート組成の変化では計算と調査の両結果がうまく合致したものと考えられる。

ただ、02/11では、計算結果に比較し調査結果の方が、山が正規分布に近い形をしている。この理由として、死亡率は年齢によると考えられるが、本モデルではこれを一定としていること、さらに、成長率はある確立分布をもって成長するため、分布に拡散が生じると考えられるが、本モデルではこれを考慮していないことなどが理由として考えられる。

5. 結論・謝辞

博多湾におけるホトギスガイの消長死滅予測のためのモデルを作成し、シミュレーションを行い、調査結果と比較し次の結論を得た。

(1) 調査結果を幾つかのコホートでほぼ再現できた。

(2) シミュレーション結果と計算結果では、コホートの山の移動はほぼ追跡できたが、山の高さそのものはサンプル誤差のためかなりのばらつきが見られた。これはホトギスガイのパッチ状生息が原因と考えられる。

(3) 年齢を考慮した死亡率や成長速度のばらつきを考慮する必要がある。

最後に本研究のデータを博多湾で収集していただいた水圏システム研究室の学生諸氏に深く感謝いたします。
参考文献

1) 山崎惟義他、ホトギスガイから見た博多湾東部海域の状況（第2報）、土木学第57回年次講演会講演概要集、VII-047(2002)

2) 岩佐庸、数理生態学入門、図書印刷株式会社、P.90、(1995)

3) Jeffery A. Corooks, The Population Ecology of an Exotic Mussel, *Musculist senhousia*, in a Southern California Bay, Estuaries, Vol.19, P42-50 (1996)

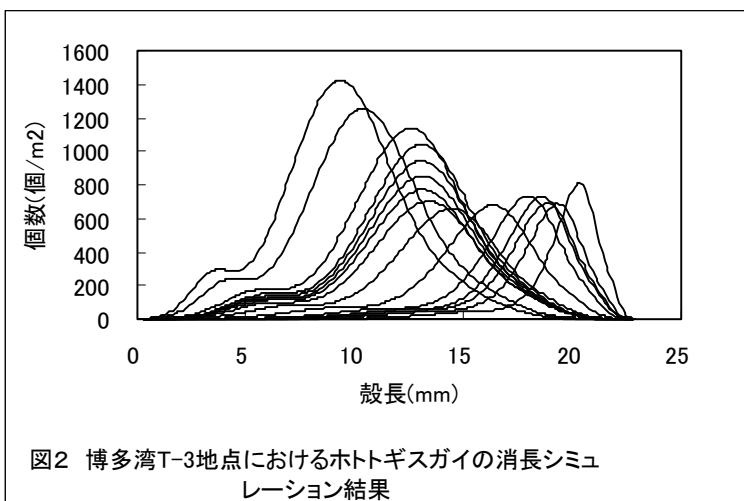


図2 博多湾T-3地点におけるホトギスガイの消長シミュレーション結果

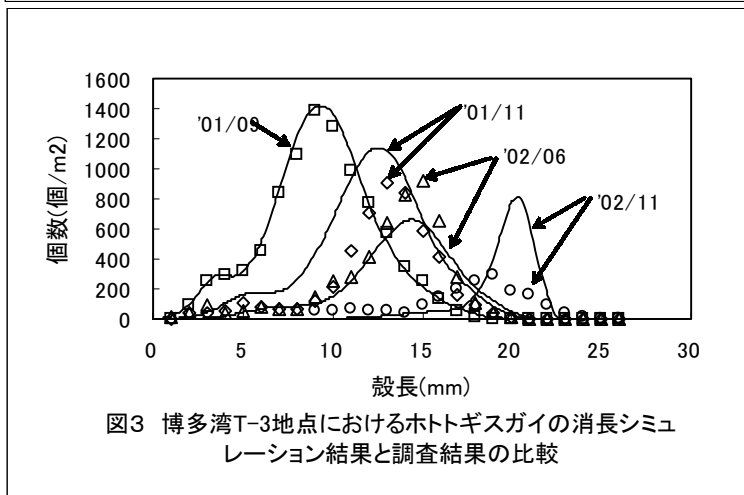


図3 博多湾T-3地点におけるホトギスガイの消長シミュレーション結果と調査結果の比較