

ホッキガイの生息分布と物理環境に関する総合的解析

三村 信男* ・ 鯉 淵 幸生** ・ 中村 義治***
喜 田 潤**** ・ 磯 野 良介*****

1. 研究の背景と目的

近年、生態系に配慮した沿岸域の開発や漁業資源の増殖につながる構造物の建設が求められている。しかし、生物の生息は多くの環境要因に支配されており、生物学的知見を工学的な計画・設計の指針として用いるには未だ大きな隔たりがあるのが現状である。本研究ではこのギャップを埋める試みとして、水産有用種であるホッキガイを対象として、総合的な生息環境を検討した。

ホッキガイ (*Spisula sachalinensis*) は北海道・東北地方では一般にホッキガイ、東北地方より南ではウバガイと呼ばれる二枚貝である。ホッキガイは、福島県では春先、北海道では6月から8月にかけて産卵し、約1ヶ月の浮遊幼生期をへて稚貝として着底する。以後、底生生活期に入り着底後半年で殻長は10~20 mmの大きさに成長する。この期間に著しい減耗を受け、満1齢に達するまでに着底直後の99%以上が死亡すると推定されている(林, 1967; 中村, 1990)。また、ホッキガイは、1個体で約1億の抱卵数を持っており潜在的には大量発生する可能性があるにもかかわらず、資源量の年変動が激しい。

こうしたホッキガイの資源量を左右する要因には、卵稚子の輸送・着底に関わる物理的な要因や餌料環境、天敵生物による被害などの生物的要因がある(中村ら, 1994, 1995)。本研究では、波浪や底質の分布、藻場の分布など物理的な要因を中心に、ホッキガイの生息に対する好適環境条件を求めようとした。そのために、釧路東方の浜中湾を対象として、過去数年の現地調査結果と漁獲実績の記録、波浪場の数値計算を組み合わせ、貝の生息域と環境条件との対応関係を検討した。最終的には、これら個別的分析結果を地理情報システム(GIS)によって統合し、生息分布を支配する好適環境条件を抽出した。

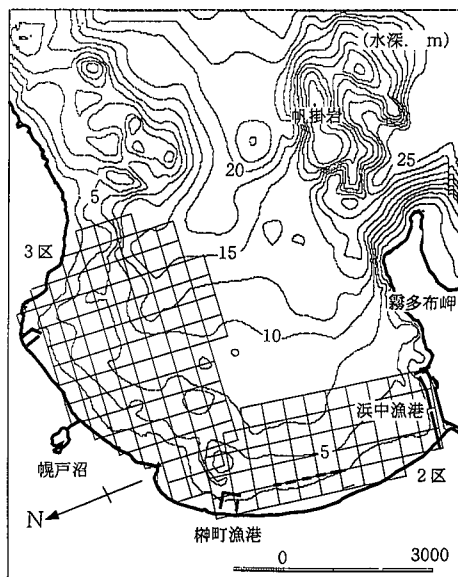


図-1 浜中湾の地形とホッキガイ漁の操業地区

2. 浜中湾におけるホッキガイの生息域

2.1 生息域に関する現地調査

浜中湾は北海道東部に位置する太平洋に面した湾で、湾口は東に開き幅約6 km、湾内の水深は20 m以下で、緩勾配の傾斜(1/280)を有している(図-1)。湾内の大部分は砂浜域であるが、湾の両端は断崖を伴う岩石海岸となっており、その前面には岩礁帯があって波の入射を強く制御している。また、浜中漁港の前面、水深3~7 mの地点にはオオアマモが生育しており、これも浜中湾の特徴の1つである。

ホッキガイは、この湾の主要な水産資源となっているが、現在では生息数が減り、資源維持が懸念される状況にある。

本研究における調査は、1995年10月に約1ヵ月間実施した。実施した調査は、ホッキガイの生息状況のほかに、波浪・流れなどの物理的な外力と底質・底面変動などの物理環境調査、マクロベントス相などの生物調査である。同様の調査が、北海道立釧路水産試験場など(1991、

* 正会員 工博 茨城大学教授 工学部都市システム工学科
.. 東京工業大学大学院修士課程土木工学専攻
... 水博 水産庁中央水産研究所 資源増殖研究官
.... 農博 (財)海洋生物環境研究所海洋生物部
..... (財)海洋生物環境研究所海洋生物部

1992, 1993a, 1993b, 1994)で継続的に実施されている。また、浜中漁協では資源管理のために、1992年以降操業日誌を集計しており、湾内の操業地域(図-1中の2区と3区)の各地点における漁獲量が求められている。このデータに基づいてホッキガイの生息分布を検討した。

2.2 ホッキガイの分布

水産試験場や研究機関が実施する短期的な現地調査は、精度は高いが期間や調査地点が限られている。一方、漁獲実績からの推定は、広域的な貝の分布を求めることができるという長所を持つが、その精度は確かめられていない。そこで、過去数年の短期調査と通年の漁獲実績との比較をおこなった。

この結果を図-2に示す。図中では、資源量の多寡が、0(捕獲なし)を含めて6段階に分けて表示されている。この図から、短期調査で多く生息が確認された地点では漁獲実績においても多くの水揚げがあり、ほぼ両者は一致していることが分かる。そこで、今後ホッキガイの生息分布として、湾全域をおおう操業日誌のデータを用いることにする。図-2を見ると、ホッキガイは湾の南北両側に高い密度をもつ偏った分布をしている。湾の北部ではやや岸から離れた地点に高密度の生息域があるのに対して、南部では岸よりの地点に集中している。南部のこの集積点は、オオアマモ場の縁辺部に当たる。また、浜中漁港と榊町漁港の間には天端の狭い離岸堤が入っているが、この周辺もホッキガイの生息密度の高い地域となっている。

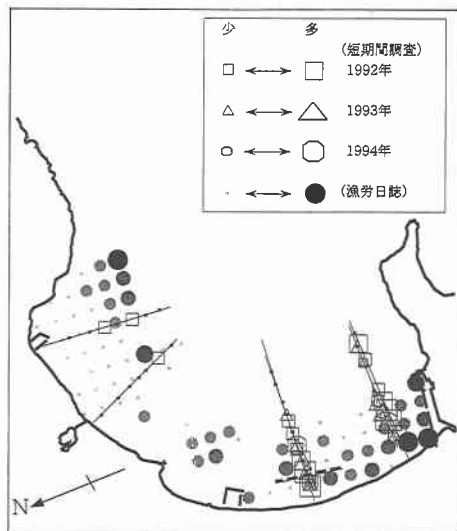


図-2 短期的現地調査によって把握された現存量と漁獲実績の比較

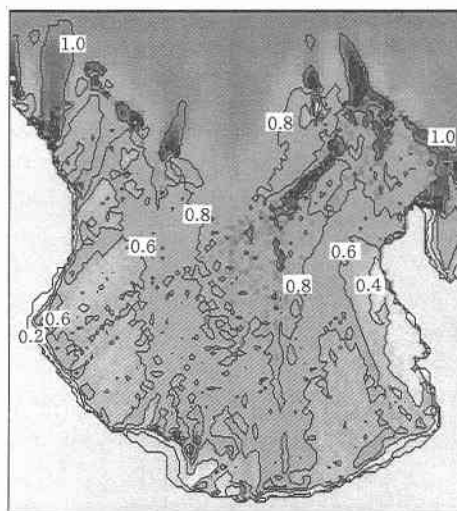


図-3 波浪場の推算結果

3. 波浪場の推定

3.1 計算方法

従来から、波浪はホッキガイの生息環境の多くの要因に関連する重要な要素であることが示唆されてきた。現地調査では、湾内4点でしか波浪観測がされていないので平面的な波浪場を推定するために数値計算を行った。

計算には放物型方程式による方法(磯部, 1986)を用いた。計算に際しては、浜中湾周辺9 km×10 kmの海域に対して25 m間隔の計算格子を設定した。また入射波には、Bretschneider-光易型の周波数スペクトルと光易型の方向関数とを組み合わせた方向スペクトルもつ不規則波を用いた。入射波の代表諸元として波高1 m, 周期7.2 sとし、波向はESEを与えた。この入射波の諸元は、釧路地方気象台の尻子崎沖波浪観測データや今回の現地調査結果に基づいて出現頻度のもっとも高いものを選んだ。

3.2 浜中湾の波浪場の特徴

図-3に波高分布の計算結果を示す。この計算結果は、現地調査で観測された各測点での波高の実測値と比較して全体的に高い再現性を示すことが確認された。

図-3をみると、湾口部両端の岩礁が湾全体に強い影響を及ぼし、複雑な波浪場が形成されていることが分かる。とくに、霧多布岬前面の岩礁(帆掛岩)は、正面からの入射波に対しては強い遮蔽効果を持つ。一方、周辺部からの入射波に対しては、屈折によって、レンズのように波を集中させる効果を持つ。その結果、湾中央部に波高の大きい領域が出現し、沿岸方向に波高の分布が生じている。しかし、全体的には湾内では両端の岩礁の制御効果が強く、波浪は静穏である。そのため、砕波帯の幅は狭く、沿岸流も岸近くの狭い範囲に限られる。

4. 個別の環境条件と生息域の関係

ホッキガイの生息域を決定する条件を抽出するため、上で述べた現地調査と解析の結果をGIS上のデータベースに入力し、環境要因を個々に分析した。

a) 水 深

ホッキガイの生息域を決める要因として、まず考えられるのが水深である。そこで水深とホッキガイの分布の関係を検討した(図-4)。これによると、通常ホッキガイは3~7mの水深帯に生息しており、もっとも深い地点は水深10mであった。しかしながら、湾の北部と南部で生息する水深帯が異なっており、水深はホッキガイの分布を決める1つの要素に過ぎない。

b) 底 質

つぎに底質とホッキガイの関係について検討した。図-5に底質分布を示すが、貝は岩と礫を避けるように分布していることが分かる。ホッキガイは潜砂性の二枚

貝であるため、底質が砂であることは必須条件である。

c) 底質のシルト含有率

底質のシルト含有率がホッキガイの分布に影響を及ぼすことは、中村(1990)の研究でも指摘されている。貝は水管によって海水を取り入れて餌を摂取し、同時に呼吸をするが、シルトが多くなると生理的な障害を引き起こして死亡率を高める。

現地調査ではシルト含有率の平面的な分布を把握することができない。そのため、中村ら(1995)にならって波高と水深の比(H/d)と底質のシルト含有率との関係を調べた。この結果を図-6に示す。地点毎の波高の値は上で求めた数値計算の結果を用いた。この結果、年によって変化するものの、相関係数が0.7~0.9という両者間の高い相関が得られた。底質のシルト含有率 C_{silt} は、 H/d をパラメタとして次式で与えられる。

$$C_{\text{silt}} = \begin{cases} A_1(H/d)^2 + A_2(H/d) + A_3 & H/d \leq 0.19 \cdots (1) \\ 2.1 (= \text{const.}) & H/d > 0.19 \end{cases}$$

上の回帰式(1)中の係数 A_i は、観測時期によって変化する。ここで示した平成4年度のデータに基づく回帰式では、 $A_1=707.8$ 、 $A_2=-275.4$ 、 $A_3=29.0$ である。この式を用いて推定されたシルト含有率の分布とホッキガ

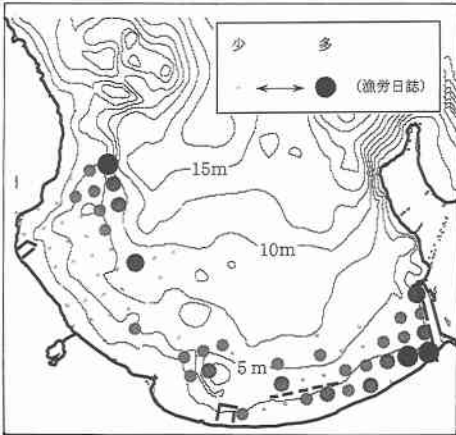


図-4 水深とホッキガイの生息域の対応

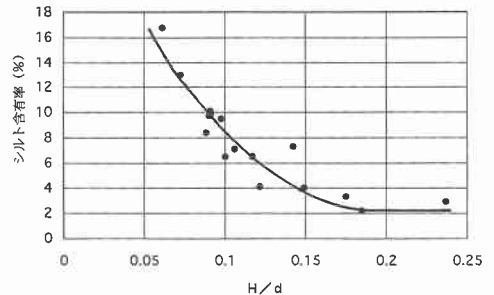


図-6 底質のシルト含有率と波高水深比(H/d)の関係

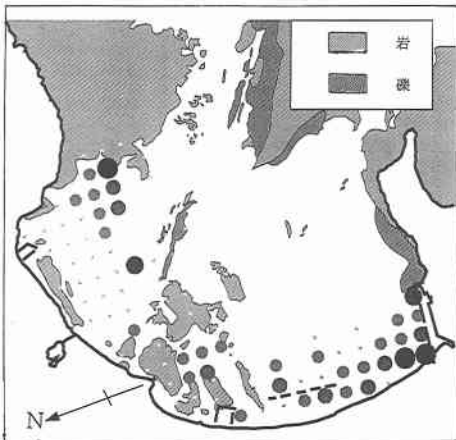


図-5 底質とホッキガイの生息域の対応

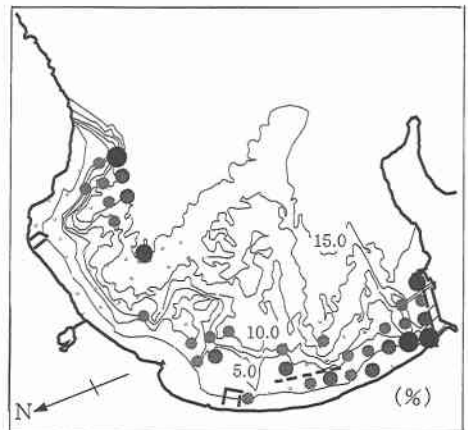


図-7 底質のシルト含有率とホッキガイの生息域の対応

イの生息域との対応を図-7に示す。湾の南部(桝町漁港～浜中漁港)では、ホッキガイの生息域はシルト含有率が10%以下の領域になっており、この結果は従来からの知見(中村, 1990)と一致している。

他方、湾北部でのホッキガイの生息場所はシルト含有率(推定値)が10～15%の領域となっている。これは、シルト含有率の推定が明らかに非現実的であることを示している。浜中湾のこの海域には幌戸川からシルトや有機性の微粒子が流入しており(高丸・中尾, 1982)、底質のシルト含有率の分布は、幌戸川からの流入に強く支配されていると推測される。こうした場所での底質のシルト含有率は式(1)のような回帰式では推定できない。

d) オオアマモ場

浜中湾ではオオアマモ場縁辺部でホッキガイが多く生息することが知られている。オオアマモ場とホッキガイの分布を図-8に示すが、この図からもオオアマモ場において、ホッキガイが多く分布することが確認できる。

川崎ら(1990)は、アマモの生息条件として、水温や水質の他に、十分な水中光量があることと水の流動・砂の動きが小さいことをあげている。浜中湾における過去数年のオオアマモの分布域を調べた結果、分布域は年毎に若干移動するものの、浜中漁港前面の一定の領域に限られ、いずれも水深が3～7mの範囲にあることが分かった。この領域は、図-3から分かるとおり霧多布岬の遮蔽域にあたり、静穏な海域である。また、水深については、浜中湾では水深7mがオオアマモの成育に必要な光量が届く限界の水深であると判断できる。一方、岸側の境界は碎波によって決まりほぼ碎波帯の沖側境界にあたる。

オオアマモ場がホッキガイの生息域になるのは、まず、浮遊幼生あるいは稚貝が流れによって輸送され集積するためである。次に、餌となるプランクトンや有機性の懸濁粒子の供給が多いことが推測される。しかし、1993年の調査では稚貝の初期集積後、急速な減耗が生じており、この時には餌料環境の環境収容力を越えて稚貝と他のベントスが集積したためと考えられた(中村, 1994)。このように、アマモ場の効果は単純ではない。

e) ベントス相

ベントス群集の構造や分布は環境要因によって決まるので、逆にベントス相が分類できればそれがホッキガイの好適生息域を判定する総合的な指標になる可能性がある。浜中湾のベントス群集については、高丸・中尾(1984)がクラスター分析によって分類を試みている。しかし、最近のデータがなく、また今回の調査でも充分密なデータが得られなかったため、ベントス相とホッキガイの生息域との関係は現時点では不明である。

5. 総合的解析

5.1 各要素間の複合的關係

これまでの検討から、ホッキガイの生息域と物理的環境要因との関係が把握された。着底後の稚貝期に着目すると、生息環境は、図-9に示すような複合的な関係にまとめられる。着底後の生残は底質条件に強く依存し、稚貝の呼吸活動を阻害するシルト含有率が減耗の主たる要因となる。シルト含有率は輸送及び巻き上げ、沈降によって決まるため、波浪の影響が大きい。

一方、オオアマモ場の存在は、稚貝の集積や餌料環境にとって有利に作用する側面が強い。オオアマモの生息も懸濁物濃度(水中光量を左右する)や底面流速をとおして波浪の影響を受ける。したがって波浪は、輸送・洗い出しなどの形で直接的な関与にとどまらず間接的にも関与し、ホッキガイの生息に対して大きな影響をあたえたと考えられる。

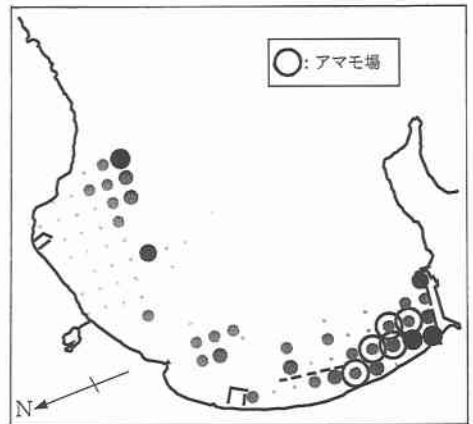


図-8 オオアマモ場とホッキガイの生息域の対応

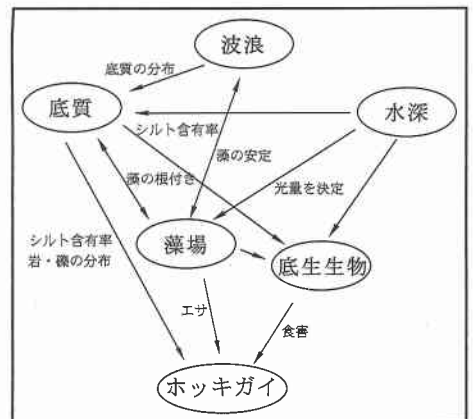


図-9 物理的環境要素とホッキガイとの関係

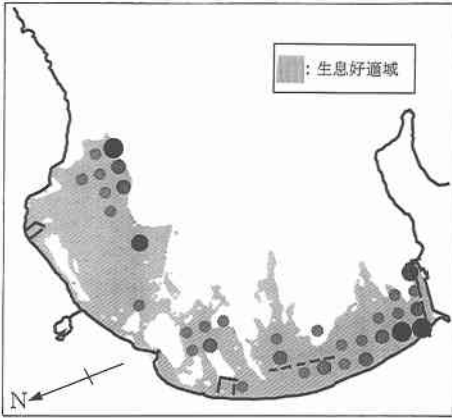


図-10 GISで推定されたホッキガいの好適生息域

浜中湾には離岸堤が設置されており、その背後でホッキガイが多く生息する傾向が見られた。この地点では、稚貝が放流されているため当然の結果と考えられるが、他方、放流後一定の生息密度が維持されているのは離岸堤の効果とも考えられる。これまで、離岸堤の効果について定見が得られていないので、構造物の設計指針を得るために、離岸堤がどのような効果を発揮しているのかを今後検討していく必要がある。

5.2 GISを用いた好適生息域の推定

これまでの解析からホッキガいの好適生息域は、「水深10 m以浅、底質が砂質で、シルトの含有率が10%以下、藻場であることが望ましい」という条件を満たす海域であることが分かった。そこで、GISを用いてこの好適条件を満たす海域を推定することとした。その結果を図-10に示すが、推定された好適生息域はホッキガイの実際の分布と良く一致することが分かる。

この図の中で、幌戸川の河口部周辺では、好適域とされたにもかかわらず実際にはホッキガイの分布がみられない海域が存在している。これは、上でも述べたとおり幌戸川から流出するシルトの影響と考えられる。

6. ま と め

本論では、過去数年の現地調査結果、漁獲実績の記録、波浪場の数値計算を組み合わせ、浜中湾におけるホッキガイの生息域と環境条件との対応関係を検討し、生息分布を支配する総合的な好適環境条件を特定した。それに基づいて推定された好適生息域は、実際の貝の生息分

布とよく一致した。

今回の研究では、環境条件を解析し、地図上で統合化するツールとしてGISを用いたが、GISが物理環境と生物分布のような異なる属性の要因を比較する上で有用なことが分かった。とくに、浜中湾では操業日誌という生物資源に関する面的なデータが存在していることが、このような解析を可能にする上で重要な要素になった。これを、継続的な現地観測データや波浪場の推算結果と組み合わせれば、要因相互の関係を面的に検討できる。空間分布が重要な特性である生態系や生物の生息域の解析に対してGISは強力な解析ツールになると思われる。

本研究を進めるに当たり、北海道大学水産学部中尾繁教授に有意義な助言を頂いたことに感謝したい。また、本研究の一部は、通商産業省資源エネルギー庁から(財)海洋生物環境研究所に委託された「大規模発電所取放水影響調査—海域環境調和発電所実証調査」の一環として実施されたものである。データの公表を承認していただいた関係各位に感謝する。

参 考 文 献

- 磯部雅彦 (1986): 放物型方程式を用いた不規則波の屈折回折碎波変形の計算法, 海岸工学論文集, 第33巻, pp. 134-138.
- 川崎保夫 (1990): アマモ場造成の適地選定法, 沿岸海洋研究ノート, 第27巻, 第2号別冊, pp. 136-145.
- 高丸禮好・西尾繁 (1982): 北海道東部、浜中湾および琵琶瀬湾における漁場の底生動物群集, 北海道立水産試験場報告, 第24号別冊, pp. 51-58.
- 中村義治 (1990): 沿岸域の水理環境とウバガイの漁場形成機構に関する研究, 東京水産大学学位論文.
- 中村義治・田口 哲・三村信男・城野草平 (1994): ホッキガイの初期生態に与える海岸環境に関する研究, 海岸工学論文集, 第41巻, pp. 1121-1125.
- 中村義治・田口 哲・飯泉 仁・三村信男・村井克詞 (1995): 二枚貝の餌料環境と資源変動モデルに関する一考察, 海岸工学論文集, 第42巻, pp. 1121-1125.
- 林 忠彦・寺井勝治・有馬健二 (1967): 八雲沿岸におけるウバガイ *Spisula sachalinensis* (Schrenck) の浮遊幼生ならびに底生稚貝についての研究, 北水試研報, 7, pp. 8-71.
- 北海道立釧路水産試験場ほか (1991): 平成3年浜中湾ホッキガイ資源補充不良原因究明調査報告書.
- 北海道立釧路水産試験場ほか (1992): 平成4年浜中湾ホッキガイ稚貝補充調査報告書.
- 北海道立釧路水産試験場ほか (1993a): 平成5年離岸堤とオオアマモ生育域のホッキガイ着底初期稚貝調査報告書.
- 北海道立釧路水産試験場ほか (1993b): 平成5年度浜中湾ホッキガイ漁場環境調査報告書.
- 北海道立釧路水産試験場ほか (1994): 平成6年離岸堤域とオオアマモ生育域のホッキガイ沈着初期稚貝調査報告書.