

チョウセンハマグリの生息分布の予測モデル

A model for Predicting Distribution of Habitat of Japanese hard clam *Meretrix lamarckii*

熊田貴之¹・宇多高明²・芹沢真澄³

Takayuki KUMADA, Takaaki UDA and Masumi SERIZAWA

A model for predicting the distribution of the habitat of Japanese hard clam *Meretrix lamarckii* was developed, taking the life history between a larva and an adult clam into account. The coupling was made with the contour-line-change model by proposed Kumada *et al.* (2005), which considers the sorting effect due to change in grain size. The habitat change corresponding to the development of the clam as well as the spatial change in habitat can be predicted by this model. The model was applied to the Hazaki coast. Predicted habitat was in good agreement with the measured habitat. This model can be used for predicting the effect of release of this clam to increase the clam resources.

1. はじめに

近年, 全国各地で海岸侵食が進んできているが, これと同時に広域の海底面で底質粒径の変化が起これ, それが底生生物に大きく影響している可能性が高まっている。中でも砂浜性の魚介類として有名で, 鹿島灘や九十九里浜など緩勾配で細砂からなる海岸に生息する二枚貝の一つであるチョウセンハマグリ *Meretrix lamarckii* (以下, ハマグリと略す) への影響が考えられる。この貝は市場価格が高いため重要な漁獲対象物であるが, 底質変化に伴い漁獲量の急激な減少が危惧されている(二平ら, 2004)。このため種苗放流も数多く実施されてきてはいるものの, ハマグリの挙動予測が確立していないことから放流効果の評価ができず, 適切な種苗放流や資源管理をうまく行うことができないという問題点がある。桑原ら(1994)は, ハマグリを含む二枚貝を対象とした縦断方向の移動予測モデルを開発したが, 物理機構のみに着目したものであり, 生態特性までは対象としていない。したがって, 底質粒径や泥分の含有率が生存率に及ぼす影響や, 成長に伴う生息水深帯と移動機構の変化, 潜砂行動, さらに平面分布の予測ができないという問題点

があった。したがって放流効果の評価は実用レベルに至っていないのが現状である。本研究では, 稚貝から成貝に至るまでのハマグリの life history を対象として, 生息・成長・移動条件を考慮したハマグリ生息分布予測モデルを開発する。

2. モデルの基本構成

(1) モデルの基本構成

ハマグリは外洋性二枚貝類であり, 太平洋側では宮城県～宮崎県沿岸, 日本海側では新潟県～島根県沿岸に分布しており, とくに宮崎県や茨城県(鹿島灘)沿岸で多産する(海洋生物環境研究所, 1991)。図-1に示すように, 夏季(7～8月)に水深2～6m域で産卵され, 幼生は浮遊期(殻長125～200μm)を経て同様の水深帯に沈着し, 殻長2～5mmになって汀線付近に移動着底し, 成長(殻長55mm以上)に伴い再び沖合に分散・移動する。稚貝(～殻長55mm)は沿岸砂州頂部から岸側の傾斜面に多く生息し, 成貝(殻長55mm以上)は沿岸砂州頂部から沖側の傾斜面に多く生息している(二平ら, 2004)。沿岸砂州付近は, 粒径も小さく淘汰度が良く, 物理的要因による集積場であることから, 餌料条件の点からも生息に適した環境のため多く分布している(福田, 1976)。成長割合は, 満1年で殻長1cm, 2年で3～4cm, 3年で5～6cm程度となり, 3年で成長する(海洋生物環境研究所, 1991)。

ハマグリは着底後の潜砂行動を除けば, 波浪による掃流移動を常に強いられる(桑原ら, 1994)。日向野ら(1993)は, 生息分布には化学的影響より物理的影響が大きいと指摘している。真岡ら(1978)によれば, 潜砂能力の低い稚貝は, 波が静穏で比較的粒径の小さい底質が集積する場所に多く分布する傾向があり, 砂と同様, 波の遮蔽域外から遮蔽域内に向けて沿岸漂砂によって運ばれている可能性が高い。また, 波の遮蔽域内では細粒

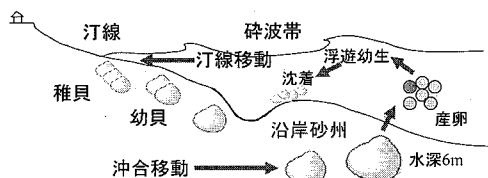


図-1 チョウセンハマグリの生活史(二平ら, 2004)

- | | | |
|-------|------|--|
| 1 正会員 | 博(工) | (株)水圏科学コンサルタント |
| 2 正会員 | 工博 | (財)土木研究センター理事なごさ総合研究室
長兼日本大学客員教授理工学部海洋建築工学科 |
| 3 正会員 | | 海岸研究室(有) |

表-1 ハマグリの生息・移動・成長条件

生息条件	粒径レンジ	$d_{50}=0.106 \sim 0.16 \text{ mm}$	
	泥分量	10%未満で潜砂, 10%以上で非潜砂, 60%以上で死滅	
	水温	約20~30℃で生息, 35℃以上死滅	
移動条件	生息水深帯の変化	稚貝(1年未満) 稚貝~成貝(2~3年) 成貝(4年~)	汀線付近 -3.5m ~ -5.5m -4m ~ -6m
	比重	1.6 (桑原・日向野, 1994)	
	潜砂行動	潜砂深さ5cm未満	
成長条件	殻長	浮遊幼生~稚貝(1年未満)	0.125 ~ 1 mm
		稚貝(1年)~稚貝(2年) 成貝(3年)~成貝(6年) 成貝(7年以降)	10 mm ~ 35 mm 55 mm ~ 90 mm 100 mm

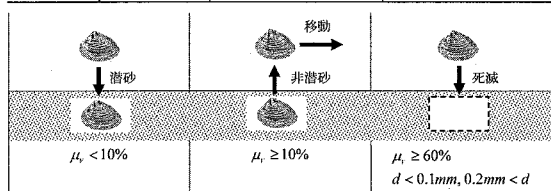
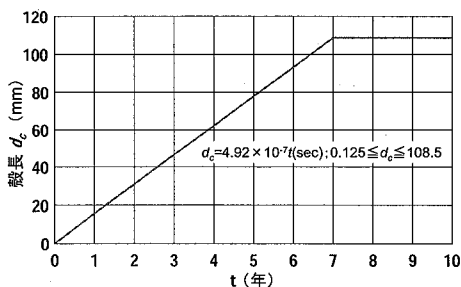
図-2 泥分(μ_v)とハマグリの行動(潜砂/移動)・死滅の関係

図-3 殻長の発達

砂が多く分布するが、そこは底質条件から見ても良好な生息環境が形成され、結果として多く分布していることも注目される。

以上の基本的生態特性と、波浪による移動特性を考慮し、物理的観点から生息・移動・成長条件を表-1のように整理した。日向野ら(1993)の現地調査および室内実験によれば、生息可能な中央粒径のレンジは0.106~0.16 mmで、底質の泥分が10%未満では潜砂するが、10%以上で潜砂しなくなり、波浪の影響を受けて移動する。また泥分が60%以上に高まると死滅する(図-2参照)。また、水温については、児玉(1980)によれば約20~30℃が適温であり、35℃以上となると死滅する。生息水深帯は、前述のように稚貝期(~3年、殻長~55 mm)までは汀線付近に分布し、成貝期(3年以上、殻長55 mm以上)になると沿岸砂州のある沖合へと移動する。殻長も表-1に示したように発達し、約7年で成長を終える(海洋生物環境研究所, 1991)(図-3参照)。ハマグリの比重は1.6で、生活史初期に著しく増加し、殻長

10 mm以上では一定となる(日向野ら, 1993)。潜砂深度は5 cm未満で、常時波浪による砂面変動(鹿島灘では約20 cm)を考慮すると、常に潜砂行動を強いられている。これらの生息・移動・成長条件を考慮しモデル化を行った。ただし、水温は本予測モデルの対象外である。

(2) ハマグリの沿岸方向移動量式

桑原ら(1994)に従いハマグリは掃流移動するとし、貝を砂とみなし、熊田ら(2005)の粒径に応じた漂砂量式を応用し、新たに移動低減率、潜砂判別係数、貝比重、殻長の成長式を付加した。ハマグリの沿岸方向移動量式は次のようである。

$$q_{cx}' = \lambda \cdot \mu_s \cdot \left(\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_c - \rho_w} \right) \cdot q_{cx} \quad (1)$$

$$\lambda = Y_c / Y_{c \max}; 0 \leq \lambda \leq 1 \quad (2)$$

$$Y_{c \max} = 1/2 \cot \beta_{cc} \cdot \Delta z \quad (3)$$

$$\mu_s = \begin{cases} 1; & \mu_v \geq 0.1 \\ 0; & \mu_v < 0.1 \end{cases} \quad (4)$$

$$q_{cx} = \varepsilon_x(z) \cdot K_{c1} \cdot (EC_g)_b \cdot$$

$$\left(\cos \alpha_{bs} \sin \alpha_{bs} - \xi \frac{1}{\tan \beta} \cdot \cos \alpha_{bs} \cdot \frac{\partial H_b}{\partial x} \right) \quad (5)$$

$$K_{c1} = \frac{A}{\sqrt{d_c}} \quad (6)$$

殻長の成長式 (図-3 参照)

$$d_c = 4.92 \times 10^{-7} t_{(\text{sec})}; 0.125 \leq d_c \leq 108.5 \quad (7)$$

ここに、 q_{cx}' はハマグリの沿岸方向移動量、 λ は地盤との境界における移動量低減率、 Y_c は単位断面あたりハマグリ資源量(m^3/m^2)、 ρ_c はハマグリの比重(1.6)、 μ_s は潜砂判別係数であり、式(4)の泥分 μ_v が10%以上で潜砂せず移動し、10%未満で潜砂し動かなくした(図-2参照)。 q_{cx} は熊田ら(2005)の沿岸漂砂量式、 K_{c1} は殻長に応じた移動係数であり、 d_c は成長に伴う殻長(図-3参照)、 t は浮遊幼生が汀線付近に着底してから時間を示す。 A は海岸の変形過程に応じた未知数を示す。

(3) ハマグリの岸沖方向移動量式

ハマグリの岸沖移動量式は次式である。

$$q_{cz}' = \lambda \cdot \mu_s \cdot \left(\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_c - \rho_w} \right) \cdot q_{cz} \quad (8)$$

$$q_{cz} = \varepsilon_z(z) \cdot \gamma \cdot K_{c1} \cdot (EC_g)_b \cos^2 \alpha_{bs} \sin \beta \cdot \left(\frac{\cot \beta}{\cot \beta_{cc}} - 1 \right) \quad (9)$$

成長に伴う生息水深帯の海底勾配 (図-4 参照)

$$\cot \beta_{cc1} = - \frac{\partial Y}{\partial z} \Big|_{\text{steep slope}}; t_{(\text{year})} < 3 \text{ yrs} \quad (10)$$

$$\cot \beta_{cc2} = - \frac{\partial Y}{\partial z} \Big|_{\text{mild slope}}; t_{(\text{year})} \geq 3 \text{ yrs}$$

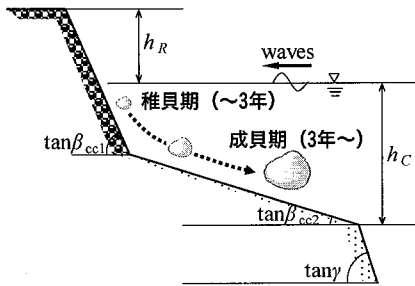


図-4 成長に伴う生息水深帯の変化

ここに、 q_{cz}' はハマグリ の 岸 沖 方 向 移 動 量、 q_{cz} は熊田らの岸沖漂砂量式を示す。 β は等深線毎の勾配角、 $\bar{\beta}$ は $h_R \sim h_C$ の平均勾配角、 β_{cc} はハマグリ の 成 長 に 伴 う 生 息 水 深 帯 の 海 底 勾 配 角 を 示 し、稚貝期 (～3 年) は汀線付近の急勾配角 (β_{cc1}) を設定し、成貝期 (3 年～) は沖合の緩勾配角 (β_{cc2}) を設定する (図-4 参照)。これにより成長に伴う生息水深帯が規定される。したがって、地形計算の設定における平衡勾配も、最低、前浜近傍の急勾配と沖の緩勾配の 2 つは必要となる (熊田ら、2004 参照)。

(4) ハマグリ の 資 源 量 保 存 則

ハマグリ の 資 源 量 の 算 定 に は、従 来 の 等 深 線 変 化 モ デ ル の 土 砂 量 保 存 則 を 応 用 し、新 た に 成 長 に 伴 う 資 源 量 増 分 項 と 粒 径 や 泥 分 変 化 に よ る 生 存 判 定 式 を 加 え た。

$$\frac{\partial Y_c}{\partial t} = -\frac{\partial q_{cz}'}{\partial x} - \frac{\partial q_{cz}'}{\partial z} + q_s \dots\dots\dots (11)$$

生存判定式 (図-2 参照)

$$Y_c = 0; \bar{d} < 0.1 \text{ or } 0.2 < \bar{d} \text{ or } 0.6 \leq \mu_v \dots\dots\dots (12)$$

成長に伴う資源量増分項

$$q_s = \begin{cases} \frac{3}{t} Y_c; d_c < 108.5 \\ 0; d_c \geq 108.5 \end{cases} \dots\dots\dots (13)$$

ここに、 Y_c は単位断面あたりのハマグリ資源量 (m^3/m^2) を示し、粒径 0.1 mm 未満または 0.2 mm より大きい場合、または泥分 60 % 以上の場合は 0 とし死滅させる (図-2 参照)。 q_s は成長に伴う資源量増分項を示し、成貝 7 年目の 108.5 mm までは増加し、7 年目の成熟以降は成長しないこととする。

(5) ハマグリ の 資 源 量 質 量 換 算 式

資源量は、漂砂量同様、計算中では体積表示 (m^3/m^2) としているが、主に漁獲量は質量 (t) で表示する場合が多いことから、単位水平面積あたりの質量 (t/m^2) に次式のように変換する。

$$Z_{ct} = Y_c \cdot \rho_c \cdot (1-p) \cdot \tan \beta \dots\dots\dots (14)$$

ここに、 Z_{ct} は単位水平面積あたりの質量 (t/m^2)、 $\tan \beta$ は海底勾配、 p は空隙率を示し 0.4 とした。

以上のように、このモデルは熊田らの地形・粒径変化

モデルと連動してハマグリ の 生 息 分 布 を 計 算 で き る 点 が 特 長 で あ る。

3. モデル の 適 用

(1) 仮想海岸への適用

粒径 0.075、0.25 mm で構成された急勾配 1/10 (+5 m ～ -1 m)・緩勾配 1/50 (-1 m ～ -15 m) の、沿岸方向に一樣な海底断面を有する仮想海岸において、ハマグリ の 浮 遊 幼 生 を 0 ～ -1 m に $2 \times 10^{-9} \text{ g}/\text{m}^3$ 分 布 さ せ (図-5)、この海岸に波を直角入射させた。地形変化は初期から平衡勾配 (1/10、1/50) を設定し変化させず、ハマグリ の 生 息 分 布 の 変 化 の み を 把 握 す る ケ ー ス と し た。計 算 ケ ー ス は 4 ケ ー ス か ら な る。ケ ー ス 1 は、地 形・粒 径 条 件 を 初 期 の ま ま 変 え な い 場 合、ケ ー ス 2 は -7 m の 水 深 帯 (-6.5 m < h < -7.5 m) に死滅要因となる粗粒径 (0.85 mm) が分布する場合、ケ ー ス 3 は同じ水深帯に死滅要因となる高泥分 (泥分 60 %) が分布する場合、ケ ー ス 4 は -4 m の水深帯に潜砂可能な泥分量 (泥分 9 %) が分布する場合とし (図-5 参照)、基礎条件がモデルに反映されるかどうか、死滅と潜砂着底状況を確認する。また計算諸元を表-2 に示す。

計算結果を図-6 に示す。ケ ー ス 1 (図-6(a)) では、浮遊幼生～稚貝期は汀線付近で成長し、成貝期は沖合へと移動した後成長を継続することから、①成長に伴う生息水深帯の移動と、②成長に伴う資源量の増加が確認できる。また、ケ ー ス 2 (図-6(b)) の -7 m の水深帯での平均粒径 0.2 mm 以上の粗粒径 (0.85 mm) を設定したケースと、ケ ー ス 3 (図-6(c)) の 60 % 以上の高泥分の設定ケースでは、それぞれ成貝期に沖へ移動し、-7 m の水深帯で死滅することが確認できる。さらに、ケ ー ス 4 (図-6(d)) の -4 m の水深帯で 10 % 未満の泥分 (9 %) を設定したケースでは、成貝期に沖へ移動していき、-4 m の水深帯で潜砂・着底し、そこで成長することが分かる。以上より、本モデルによればハマグリ の 基 本 的 な 生 息・移 動・成 長 予 測 が 可 能 で あ る。

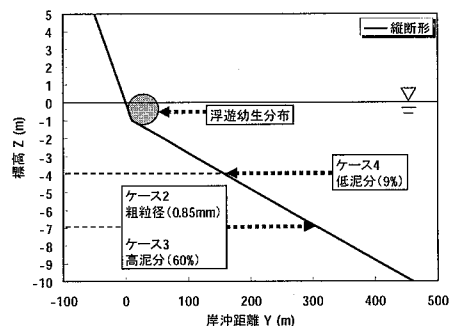


図-5 初期縦断形と計算条件

(2) 実海岸への適用

本モデルを茨城県波崎海岸（日向野ら，1993）に適用し検証を行った。初期地形は，深淺図をもとに平均的な1/160の一樣勾配とし，粒度組成は調査結果の平均値（0.075 mm : 5%，0.106 mm : 80%，0.25 mm : 15%）を全域に設定し，対象ハマグリは調査同様10 mmの稚貝とし，初期資源量（ 1.2×10^{-10} g/m²）は再現時に調査同様の資源量となるよう計算で調整して設定した。初期分布位置は実測より-1~-2 mとした。なお，対象海岸では泥分6.14%以上はハマグリが確認できなかったため，6.14%以上の泥分で死滅させた。また，本計算では対象範囲のほとんどが泥分10%未満のため定着させず移動させた。計算諸元を表-2に示す。

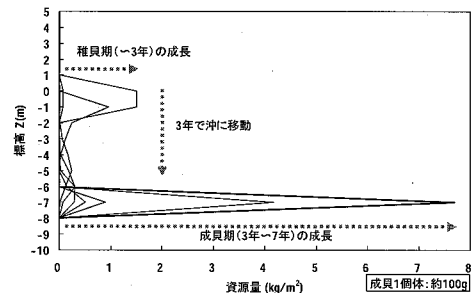
図-7に実測等深線，図-8に0.075 mm未満の泥分の等分布線（実測），図-9に10 mm未満のハマグリ稚貝の平面分布（実測）を示す。波崎漁港の防波堤内では，波の遮蔽域が形成され，防砂突堤左側の波の遮蔽域外から遮蔽域内へと沿岸漂砂が生じ等深線が前進している。これと連動して遮蔽域内では泥分が多く分布し，防砂突堤左側では泥分量は少ない。これは，沿岸漂砂が生じる

表-2 計算条件

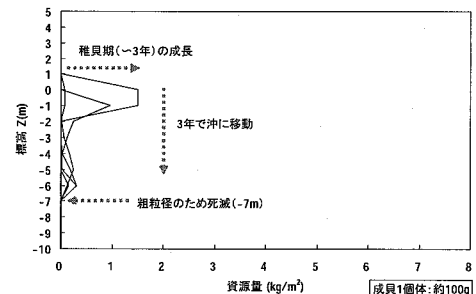
計算対象	仮想海岸でのハマグリ資源量計算	茨城県波崎海岸の1981年の地形・粒度・ハマグリ資源量再現
初期地形	直線平行等深線 ・1/10(-1~5 m) ・1/50(-1 m以深)	現地地形を直線平行等深線にモデル化（一樣勾配） ・1/160
初期粒径	・細粒径集団(i=1)：-1 m以深 (0.075 mm : 50%，0.25 mm : 50%，0.85 mm : 0%) ケース2(-7 mのみ) (0.075 mm : 0%，0.25 mm : 0%，0.85 mm : 100%) ケース3(-7 mのみ) (0.075 mm : 60%，0.25 mm : 40%，0.85 mm : 0%) ケース4(-4 mのみ) (0.075 mm : 9%，0.25 mm : 91%，0.85 mm : 0%) ・粗粒径集団(i=2)：標高-1~5 m (0.075 mm : 40%，0.25 mm : 60%，0.85 mm : 0%)	・粒径集団(i=1) 0.075 mm : 5% 0.106 mm : 80% 0.25 mm : 15%
初期チョウセンハマグリ資源量	・0 m，-1 mに 2×10^{-9} g/m ² の浮遊幼生設定	・0 m，-1 mに 1.2×10^{-10} g/m ² の浮遊幼生設定
平衡勾配	・ $\tan \beta_1^{(1)} = 1/50$ (細粒径集団) ・ $\tan \beta_2^{(2)} = 1/10$ (粗粒径集団)	・ $\tan \beta_1^{(1)} = 1/160$
交換層の幅	$B = 2.7$ m	$B = 4.32$ m
入射波条件	・砕波高 $H_b = 2$ m ・砕波波向 $\alpha_b = 0^\circ$ (直角入射) ・潮位条件 M.S.L. 0.0 m	・砕波高 $H_b = 1$ m ・砕波波向 $\alpha_b = 0^\circ$ ・潮位条件 M.S.L. 0.0 m
地形変化の水深範囲	・地形変化の限界水深 $h_c = 7.5$ m ・バーム高 $h_b = 1.5$ m	・地形変化の限界水深 $h_c = 4.5$ m ・バーム高 $h_b = 0.5$ m
境界条件	・側方・岸沖端境界：通過漂砂量0	・側方境界：固定境界（左端） ・岸沖端境界：通過漂砂量0 ・構造物境界：防波堤，護岸
漂砂量係数	・漂砂量係数内の $A = 0.5$ ・小径プランクトン頂の係数 $\xi = 0.0$ ・岸沖・沿岸漂砂量係数比 $\gamma = 0.2$	・漂砂量係数内の $A = 0.5$ ・小径プランクトン頂の係数 $\xi = 1.6$ ・岸沖・沿岸漂砂量係数比 $\gamma = 0.2$
土砂落ち込みの限界勾配	陸上：1/2，水中：1/3	陸上：1/2，水中：1/3
計算範囲	沿岸方向：2,000 m 鉛直方向： $z = 5$ m ~ -15 m	沿岸方向：1,600 m 鉛直方向： $z = 2$ m ~ -8 m
計算メッシュ	沿岸方向 $\Delta x = 50$ m，鉛直方向 $\Delta z = 1$ m	沿岸方向 $\Delta x = 50$ m，鉛直方向 $\Delta z = 1$ m
計算時間間隔 Δt	$\Delta t = 0.01$ hr	$\Delta t = 1$ hr
計算ステップ数	100,000 steps	1,000 steps
数値計算法	陽解法による差分法	陽解法による差分法
その他	—	波浪場の計算法：方向分散法

際，細かい泥分が選択的に防砂突堤左側より流出し，防波堤内で堆積したものと考えられる。ハマグリは，主に-1 m ~ -2 m に分布し，泥分の多いところでは生息せず，基本生態特性どおりに分布していることが分かる。

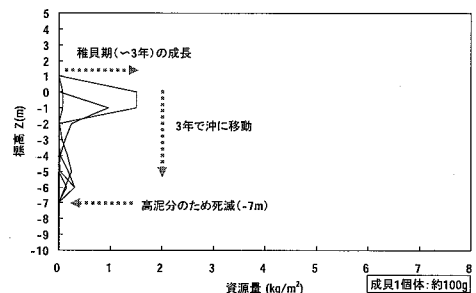
図-10に再現等深線，図-11に0.075 mm未満の泥分の等分布線（再現），図-12に殻長10 mm未満のハマグリ稚貝の平面分布（再現）を示す。計算領域左側境界は漂砂・ハマグリが流入する固定境界とした。ハマグリ資源量（g/m²）は，調査時の1個体当りの平均重量で割



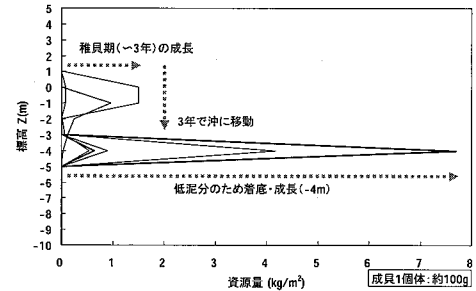
(a) ケース1 (初期のまま)



(b) ケース2 (-7mに粗粒径分布)



(c) ケース3 (-7mに高泥分分布)



(d) ケース4 (-4mに低泥分分布)

図-6 各ケースのハマグリ分布

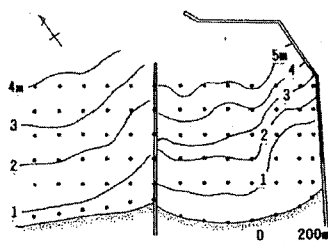


図-7 波崎漁港周辺の実測等深線 (1981年)

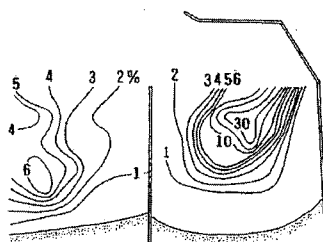


図-8 泥分(<0.075mm)の等分布線

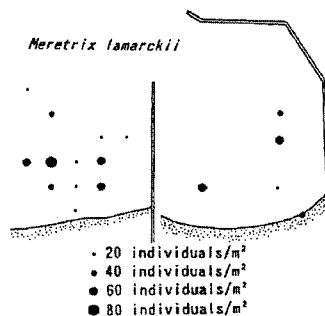


図-9 ハマグリ(〜10mm)の分布

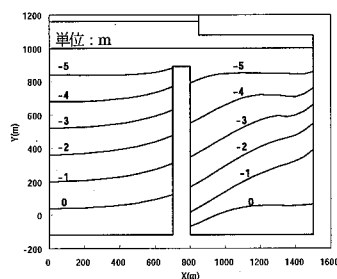


図-10 予測等深線(1981年)

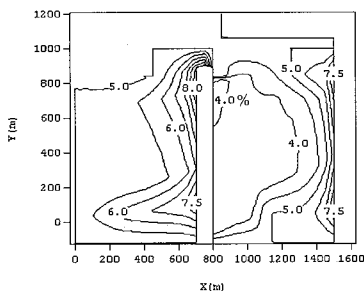


図-11 予測された泥分(<0.075mm)の等分布線

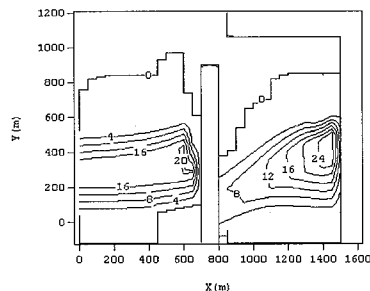


図-12 予測されたハマグリ(個/m²)の分布

って、個体数(個/m²)で表示した。等深線は波の遮蔽域に近づくと前進し、防砂突堤による等深線の不連続など実測傾向を良く再現している。泥分は、オーダーに違いはあるが計算領域右端部に多く分布し、防砂突堤の右側では少ない実測の沿岸分級の傾向が再現されている。計算では防砂突堤の左側区域でも右側区域と同様の傾向であるが実際とは異なる。実際は防波堤内(右側区域)に多くの泥分が流入した後に防砂突堤が設置されたため、突堤の左側区域では相対的に泥分量は少ない。計算では初期から突堤を設置したため、多くの泥分がトラップされたと考えられる。時系列的な構造物建設を施せば、再現性は高まると考えられる。予測されたハマグリ の稚貝分布は、実測同様、-1m〜-2mを中心に多く移動しながら分布し、さらに泥分の多い場所では、実測同様分布せず、移動機構のみならず生息条件の範囲も反映されている。

4. ま と め

本研究では、ハマグリ の稚貝から成貝に至るまでの生息・成長・移動条件を考慮したハマグリ の生息分布予測モデルを開発した。本モデルの特長は、従来の熊田ら(2005)の地形・粒径変化モデルと連動してハマグリ の生息分布を予測できる点にある。本モデルを茨城県波崎海岸に適用した結果、ハマグリ は実測と同様の水深帯に分布すること、また泥分の多い場所では実測同様分布し

ないことが明らかとなり、移動機構のみならず生息範囲もかなりうまく再現できた。このモデルを使えば、ハマグリ 資源に対する放流効果の評価が可能となり、適切な種苗放流や資源管理が可能になると考えられる。

参 考 文 献

- 熊田貴之・小林昭男・宇多高明・芹沢真澄・野志保仁(2004): 粒度組成の3次元変化を考慮した等深線変化モデル, 海岸工学論文集, 第51巻, pp. 441-445.
- 熊田貴之・宇多高明・芹沢真澄・三浦正寛(2005): 波の遮蔽域形成に伴う3次元地形・粒径変化の予測法, 海洋開発論文誌, 第21巻, pp. 1029-1034.
- 桑原久美・日向野純也・中村義治・三村信男(1994): 波浪による二枚貝の移動予測モデルの妥当性と移動機構に関する研究, 海岸工学論文集, 第41巻, p. 376-380.
- 児玉正碩・市毛清記(1980): チョウセンハマグリ の種苗生産研究・II. 浮遊幼生および稚貝の飼育適正水温について, 茨城水試研報, 23, pp. 5-10.
- 海洋生物環境研究所(1991): 沿岸近域における海生生物の生態知見-貝類・甲殻類・ウニ類編, pp. 245-269.
- 二平 章・安藤隆二・根本 考(2004): 鹿島灘の貝類網漁業と海浜環境保全, 北日本漁業, 第32号, pp. 51-61.
- 福田英雄(1976): 鹿島灘産チョウセンハマグリ の生態について - I. 分布を規定する諸要因について, 茨城水試研報, 20, pp. 9-16.
- 日向野純也・木元克則・安永義暢(1993): 潜砂行動と物理環境の関係からみたチョウセンハマグリ とコタマガイ の分布特性, 水工研研報, 14, pp. 65-87.
- 真岡東雄・小沼洋司・高橋 惇(1978): 防波堤内に出現したチョウセンハマグリ およびコタマガイ の稚貝について, 水産土木, 15(1), pp. 43-47.