

資源変動モデルによる港湾周辺海域のウバガイ稚貝の 分布・成長特性の検討

渥美 洋一* ・石澤 健志** ・國田 淳** ・関口 信一郎***
谷野 賢二**** ・中村 義治***** ・三船 修司***** ・山下 俊彦*****

1. はじめに

生物の多様性や、生態系に配慮した沿岸域開発への要請が高まる中で、「自然調和型漁港づくり推進事業」や、「エコポートモデル事業」に代表される、自然と共生する海洋構造物の開発が積極的に取り組まれている。

一方、総和としての環境保全だけでなく、環境創造まで含む、日本型ミティゲーションのあり方が議論されている。このような中で、自然と共生する海洋構造物の持つ「水産生物保全・増殖効果」を、適切なモニタリングにより定量化することは勿論重要であるが、それだけでは不十分であり、防波堤等の外郭施設配置を、「水産生物保全・増殖効果」の視点から見た、波浪・流況・底質等の最適制御技術として確立し、港湾・漁港計画等に反映することを可能にし、その効果を予測評価することが必要となると考えられる。

ウバガイは、浅海砂浜海域に生息する大型の潜砂性二枚貝であり、建設された構造物周辺域に、密度の高い分布域が形成されることから、構造物の影響を見る上で、指標性が高いことが明田ら（1993）により検討されている。海洋構造物と最も関連が深い波浪と、二枚貝の関連については、山下ら（1995）は、貝の潜砂速度と地形侵食速度を比較することで、貝の露出・移動限界を設定し、海中に露出した稚貝の形状等による移動特性等を、振動流水槽による実験で明らかにしている。また、中村ら（1995）は、漂砂モデルを応用し、閉鎖性水域である浜中湾における現地調査に基づく、波浪による岸沖方向の移動モデルにより、資源量変動を解析している。

本研究では、二枚貝に関するこれらの既往知見を基礎とし、苫小牧海域の代表有用種であるウバガイの稚貝期を対象として、平成7、8年度の現地調査と室内実験に基づき、成長段階別の資源量分布、餌料環境、及び水質・底質等の生息環境特性等を明らかにした。そして、成長・

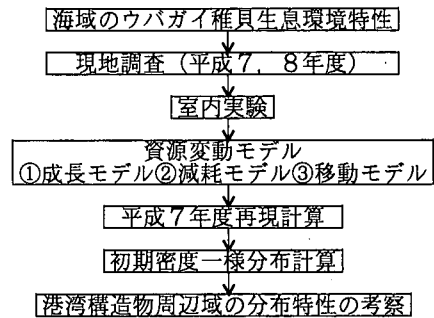


図-1 検討フロー

減耗・移動の3つのモデルからなる資源変動モデルを、平均殻長と資源量分布の2点から、計13回の現地調査の時系列変化を十分現況再現することで構築した。

ここで、移動モデルは波浪と海浜流を駆動力とし、ある個体群をラグランジュ的に追跡するものである。また減耗モデルでは、「シルト含有率」、「波動流速」、「打ち上げ」の3要因を考慮した。

最後に、港湾周辺域におけるウバガイ稚貝の資源分布特性と、港湾構造物との関係を資源変動モデルを用い解析した。本研究の検討フローを図-1に示す。

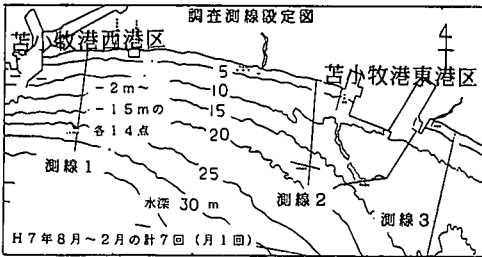
2. 現地観測

本調査では、現地観測により把握したウバガイ稚貝の分布・成長状況が、ウバガイ稚貝の資源変動モデルにより、いかに表現できるかという点が、重要なポイントである。従ってモデルによる再現性を多角的に評価するために、①測線別、②水深別、③時系列変化の3点から、稚貝の分布・成長状況を把握することを目的とし、現地観測を実施した（図-2、3）。平成7年度には、構造物近傍か否かを考慮し、海域に3測線を設け、7回の現地調査を実施した。

3. 資源変動モデルについて

ウバガイ稚貝の資源変動モデルは、貝の成長、減耗、移動の3つのモデルにより構成され、そのフローを図-4に示す。

* 正会員 北海道開発局苫小牧港湾建設事務所第二計画課
.. 北海道開発局苫小牧港湾建設事務所第二計画課
... 工修 北海道開発局苫小牧港湾建設事務所長
**** 正会員 工博 北海道東海大学教授工学部海洋開発工学科
***** 水博 水産庁中央水産研究所
***** 正会員 日本データサービス株式会社
***** 正会員 工博 北海道大学大学院助教理工学研究科



調査項目表		
項目	細目	備考
砂面変動	砂面変動、潮流、流向・流速、波高、波向	H7年度 測線2(-4,-6,-12) H8年度 測線1(-4,-6,-12)
個体数分布・成長状況	個体数、重さ、殻長	測線1～3の各水深
場の生息環境	直上水、水質 底質(砂、カゴリ、Na, CN) ベントス(優先する上位3種)	測線1～3の各水深

図-2 平式7年度調査位置図

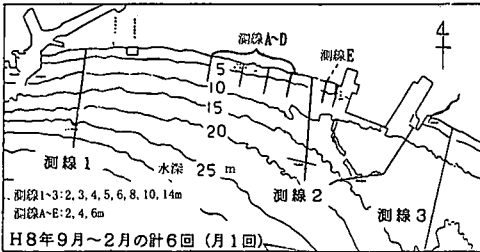


図-3 平成8年度調査位置図

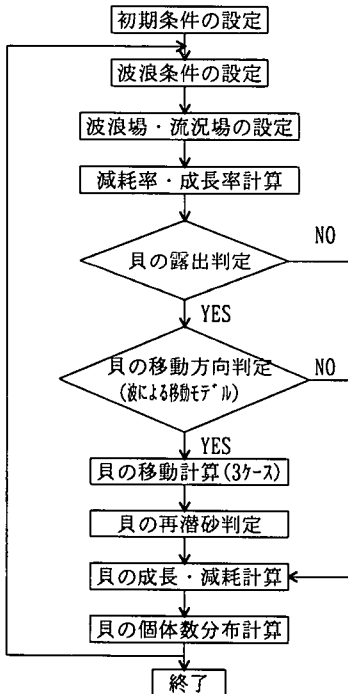


図-4 資源変動モデルフロー

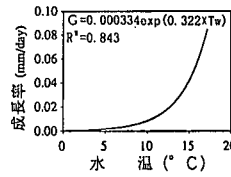


図-5 水温-成長率
相関図

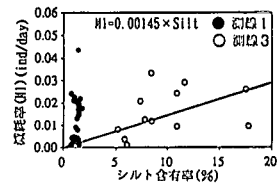


図-6 シルト含有率-減耗率
相関図 (測点別)

3.1 貝の成長モデル

稚貝の成長(平均殻長)は、平成7、8年度のクロロフィルa等の現地調査により、この海域には1年を通して、貝の成長に十分な餌料があることが分かったので、貝の成長率 G は、水温 T_w のみの関数として次式で与えた(図-5)。

$$G=0.000334 \exp(0.322 \times T_w) \cdots \cdots (1)$$

3.2 貝の減耗モデル

稚貝の減耗要因としては、シルト含有率 S_i 、波動流速 U_m (cm/s)、打ち上げの3要因の和とした。

シルトによる減耗率 M_1 (ind/day)は、平成7年度調査結果より、波(流速)による減耗効果を考慮し、水深5m以深の調査点毎の個体数の減耗率と、シルト含有率の分布図より(2)式の様に求めた。

$$M_1=0.00145 \times S_i \cdots \cdots (2)$$

測線1のシルト含有率は2%未満で相関式からはずれている。これは、波高2乗平均の累積と、減耗率が概ね対応していることから、波による流速の減耗効果の影響と考えられる。

波(流速)による減耗率 M_w (ind/day)は、山下・松岡(1994)、平野(1996)の研究を参考に式(3)で与えた。

$$M_w=0.020 \times (U_m/60)^2 \cdots \cdots (3)$$

ここで U_m は、波動流速(cm/s)である。

打ち上げについては、波浪等の外力により、水深1m以浅に移動させられた貝は、陸上に打ち上げられる可能性が強いので、全て死亡するとした。

3.3 貝の移動モデル

貝の露出判定は、山下ら(1995)の研究成果を基に、波動流速により、貝の潜砂速度よりも大きい地形侵食速度が発生した場合とした。移動外力については、①海浜流のみ、②波浪のみ、③波浪と海浜流の3条件について計算し、再現性を検証することとした。波による貝の移動方向は、アーセル数 U_r とハーレマイヤーの ϕ を用いて、中村ら(1995)が整理したダイアグラムにより判定するものとした。貝の正味の移動距離は、現在のところ見積もる方法が確立していないので、本論文では、水粒子移動距離の1.5%とした。また、貝の再潜砂判定は、山下ら(1997)の結果を用いた。

表-1 資源変動モデルの計算条件及び手法の比較

計算条件	格子間隔 25 m			
	格子数 (東西)759×(南北)310 19 km×7.7 km			
	波浪条件 1 時間毎の実測値 (H 7 8. 22~H 8 2. 22)			
	波高・周期:東港沖 波向:勇払沖			
計算手法の比較		① 波 浪	② 海浜流	③ 海浜流+波浪
	露出条件	(波による地形侵食速度)/(貝の潜砂速度) ≥ 1.0		
	移動方向	アーセル数とハーレイヤーのφを用いたダイアグラムによる	海浜流ベクトル方向	海浜流及び波浪による個別の移動ベクトルの合成ベクトル
	移動量	底層流速による最大移動距離の1.5%	海浜流速と貝の移動式より計算	
	移動特性適合領域	対象領域全体での岸沖方向移動	海浜流卓越領域・水深約5 m以浅・中央水路西側及び東港東側領域	両移動モデルの特性を反映し、全領域に適合

表-2 平成7年度調査期間の時化のプロフィール

期 間 (経過時間)	波 高 (m)				合 計
	~0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~	
H 7 8. 22~ 9. 20 (721時間)	357 (49.5)	261 (36.2)	103 (14.3)	0 (0.0)	721 (100)
H 7 8. 22~10. 20 (1441時間)	583 (40.5)	654 (45.4)	199 (13.8)	5 (0.3)	1441 (100)
H 7 8. 22~11. 22 (2233時間)	797 (35.7)	937 (42.0)	450 (20.2)	49 (2.2)	2233 (100)
H 7 8. 22~12. 13 (2737時間)	1074 (39.2)	1089 (39.8)	522 (19.1)	52 (1.9)	2737 (100)
H 7 8. 22~ 2. 22 (4443時間)	1619 (36.5)	1872 (42.2)	854 (19.2)	96 (2.2)	4443 (100)

この3ケースの計算手法の比較を表-1に示す。

ここで、露出した稚貝の、海中における移動の追跡は、観測期間(平成7年8月22日~平成8年2月22日, 合計4443時間)中の1時間ごとの移動経路、及び通過する波浪の累積による減耗を計算できるように、初期位置、及び殻長を共通項とする個体群をラグランジュ的に追跡することとした。また表-2には、再現計算に用いた、平成7年度現地調査期間中の時化のプロフィールを示す。

5.1 平成7年度現地調査結果の再現

平成7年度については、1歳貝の分布個体数が多いため、1歳貝を対象とした平成7年度調査結果の時系列変化、すなわち個体数密度、及び平均殻長の2点について再現を試みる。計算領域内の初期個体密度、及び殻長分布は、実測値の分布とし、移動条件3ケースの再現性を検証した。稚貝の個体数分布が最も多い測線1における「平均殻長変化」、「個体数密度変化」の再現状況を図-7, 8に示す。このうち成長率(平均殻長変化)は、水温のみに依存する関数として与えているため、移動条件による差異は生じない。

平均殻長の時系列的変化については、計算値は実測を非常によく再現しているといえる。測線1の個体数密度変化についてみると、8月21日に水深9.10 mを中心に、高密度で分布していた稚貝は波浪により減耗され、日数とともに密度が減少している。実測値をモデルによ

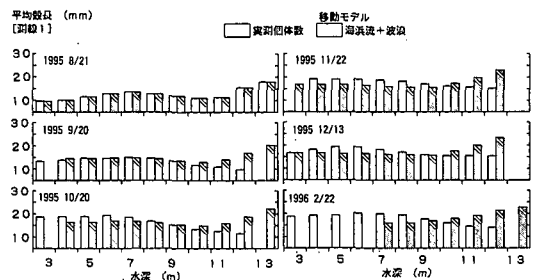


図-7 平成7年度現況再現計算 平均殻長変化図

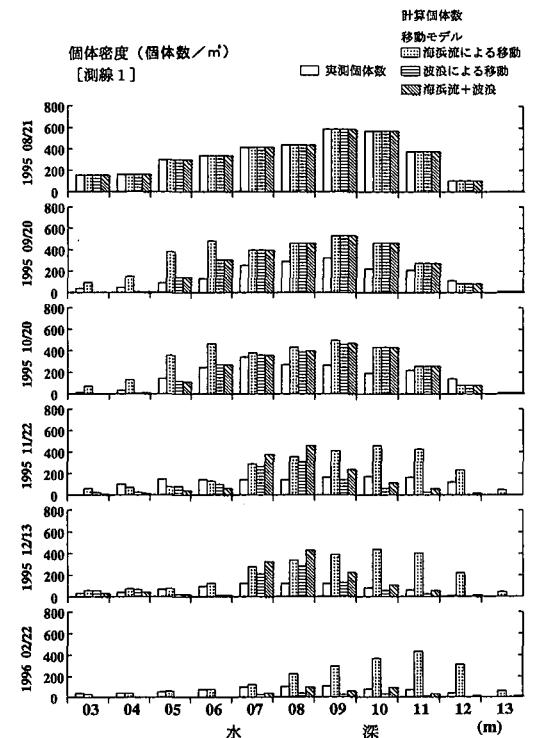


図-8 平成7年度現況再現計算 個体密度変化図

る再現計算と比較すると、波浪と海浜流による貝の移動を計算したものが1番良く、稚貝分布の時系列変化の傾向をとらえていることがわかる。

5.2 港湾周辺域における稚貝分布特性について

ここでは、平成7年度1歳貝の現地調査結果と、資源変動モデルを用いた、稚貝生残の数値計算結果を比較することにより、港湾周辺域における稚貝分布特性について考察する。

シルト含有率、平均波高、個体数密度分布の現地調査結果を、時系列変化を考慮し、水深別に図-9, 10, 11に示す。まず、港内に位置する測線2に着目する。調査期間中の平均波高は、他の2測線に比べ非常に小さく、測線2周辺が静穏であるため、水深帯-8 m以深のシルト

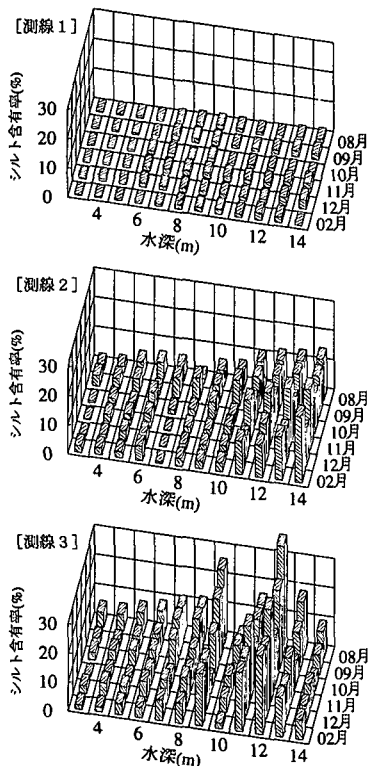


図-9 平成7年シルト含有率調査結果

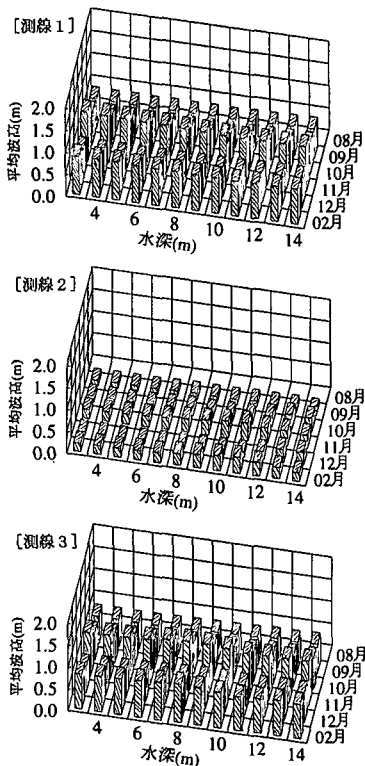


図-10 平成7年平均波高調査結果

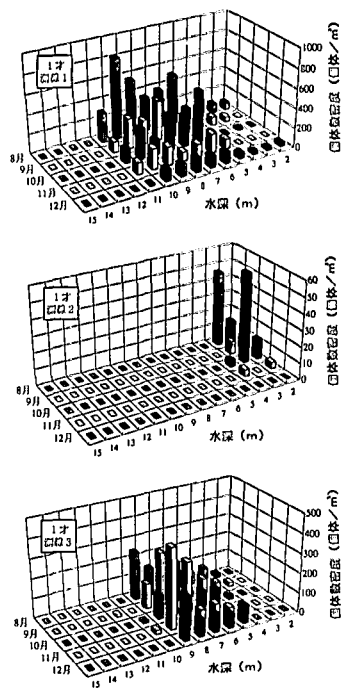


図-11 平成7年度稚貝出現状況図

含有率が総じて高い。この結果を反映して、4 m 以浅の水深帯を除き、測線2では稚貝がほとんど分布していない。それとは対照的に、港湾構造物の影響の少ない測線1では調査期間を通じて、ある程度の波高が卓越し、かつ3測線中で最もシルト含有率が低いことから、3測線中最も高い個体数分布が得られている。この2測線に対し、港内ではないが東港区周辺域に相当する測線3について調査結果を見る。シルト含有率は、水深7～13 m 領域において、3測線中最も高い分布域であるにもかかわらず、港内の測線2と異なり、5～9 m 領域で、比較的高い密度分布域を形成している。平均波高は、全水深帯で測線1と同じ程度に卓越することより、防波堤建設により卓越する海浜流による、稚貝の集積効果が推察される。

そこで、この資源変動モデルを用い、初期密度を実測密度と初期密度一様の2ケースについて、稚貝の生残を計算することにより、港湾構造物周辺の稚貝分布特性を考察する。一様初期密度は、1歳貝の平成7年度実測値平均である、300 ind/m²で与える。平均殻長は、1歳貝の平成7年度実測値平均である13 mm とする。なお、ここでの計算の移動条件は、最も再現性の良かった波浪と海浜流で行った。

港湾周辺域の稚貝分布特性を、防波堤による海浜流の

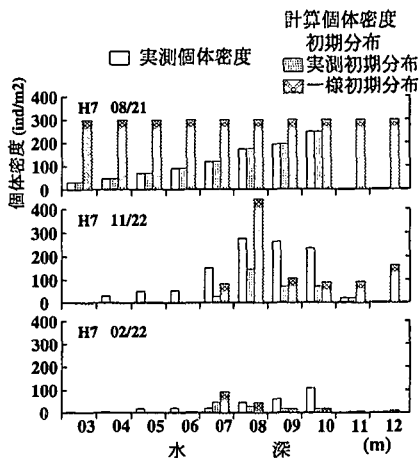


図-12 波浪と海浜流による移動モデル

影響が大きい測線3の計算結果で考察する。実測値分布と、初期一様分布双方の計算結果を比較して示したものが、図-12である。

実測値分布では、8月21日に水深が深くなるほど、高密度で分布していた稚貝は、11月22日には海浜流により、水深8～10 m に集積させられていることがわかる。実測初期密度の再現計算でもこの傾向はでているが、初

(波浪+海浜流による移動モデル)

初期一様分布

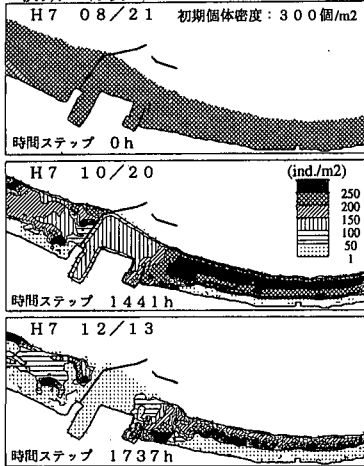


図-13 初期一様分布計算 個体数密度分布図

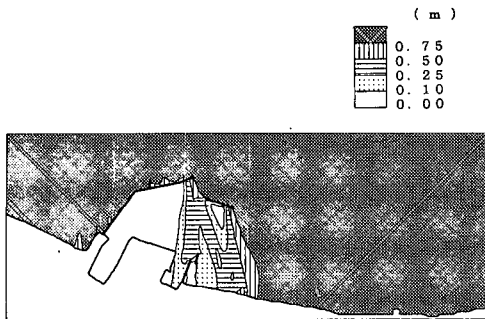


図-14 波高エネルギー平均のルート

期密度一様とした計算結果では、さらにこの傾向がよくとらえられている。図-13は、初期密度一様で与えた平面分布の計算結果である。また、図-14は計算期間(合計4442時間)の波高エネルギー平均のルートをとった3連の分布図。図-15は波高2mを境界入力した海浜流場の計算結果である。図-13と図-14、15を対照すると、港両側に発達する海浜流による貝の集積効果と、港周辺の静穏域での貝の減耗の減少により、港両側に貝の高密度域が形成されることがわかる。このことが、港湾建設に伴うウバガイ資源量の増加の原因の1つと考えられる。

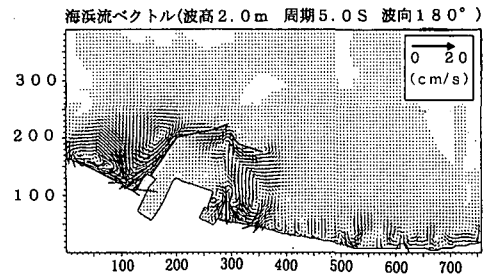


図-15 海浜流計算結果

6. 結 論

本研究で得られた主要な結論を以下に述べる。

① 室内実験を含む2ヶ年の現地調査により、苫小牧海域におけるウバガイ稚貝の、餌料環境と成長特性、シルト含有率等の減耗要因、及び貝の移動特性を明らかにした。

② 成長、減耗、移動モデルの3つより構成される、ウバガイ稚貝の資源変動モデルによる再現計算で、平均殻長及び個体数密度分布の2点について、平成7年度現地調査結果の時系列変化が、比較的良く再現できた。

③ 初期密度を全域一様分布で与えた計算により、港湾構造物周辺に発達する海浜流等の結果による貝の集積効果と、静穏域における貝の減耗抑制効果を、この資源変動モデルで表現できた。

参 考 文 献

- 明田定満・宮本義憲・谷野賢二・佐藤 仁・桑原伸司 (1993): 防波堤延長に伴うホッキ貝分布域の変遷, 海岸工学論文集, 第40巻, pp. 1156-1160.
- 平野明德 (1996): 二枚貝の資源変動と水理環境特性, 平成7年度北海道大学修士論文.
- 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.
- 中村義治・三村信男・秋元義正 (1990): 波による二枚貝の輸送モデルと漁場形成機構, 海岸工学論文集, 第37巻, pp. 818-822.
- 山下俊彦・松岡 学 (1994): 波浪による二枚貝の挙動と減耗に関する実験的研究, 海洋開発論文集, Vol. 10, pp. 119-122.
- 山下俊彦・和田 彰・鳴海日出人・渥美洋一・校井 泉 (1997): 振動流場でのウバガイ稚貝の潜砂に関する実験的研究, 海洋開発論文集, Vol. 13 (印刷中).
- 山下俊彦・和田 彰・松岡 学・谷野賢二・明田定満 (1995): 振動流場での二枚貝の挙動に関する実験的研究, 海岸工学論文集, 第42巻, pp. 506-510.