

ホッキガイの初期生態に与える海岸環境の影響に関する研究

中村義治*・田口 哲**・三村信男***・城野草平****

1. はじめに

近年、外海砂浜域の開発による海の空間利用が急速に拡大している。開発の対象となる10 m以浅の砂浜海域は海洋生物にとって産卵場、餌場、保育場など生活領域として重要であるばかりでなく、二枚貝などの有用水産種にとって漁業生産の場となっていることから、これらの開発行為が生物の生態系に与える影響が懸念される。

しかしながら、二枚貝の好適な生育環境条件についての現地調査にもとづく知見は乏しく不明な点が多い。

本研究では、ホッキガイ稚貝の分布、成長、減耗など初期生態に関する調査および海底面付近の物理化学環境について系統的な観測を行い、流動環境がホッキガイ稚貝の生態に及ぼす役割について検討した。

さらに、ホッキガイ漁場内に分布するオオアマモ群落の存在がホッキガイ稚貝の初期資源動態に与える影響についても、藻場内外の餌環境形成という新たな視点から検討を行った。

2. 調査の概要

2.1 調査海域

北海道東海域の浜中湾は南側が霧多布半島に遮られ、湾口部に浅瀬のある半開放的で緩勾配傾斜(1/280)を有する砂浜海岸である。浜中湾のホッキガイの生息水深は10 m以浅の水域であるが、主漁場水深帯は3 m~7 mに限定されている。また、浜中湾では水深6.0 m以浅にオオアマモの群落がありホッキガイ稚貝の分布域と重複している。このような傾向は本州のホッキガイ漁場ではあまりみられず北海道特有の現象であると思われる。

2.2 調査内容と方法

調査項目はホッキガイ稚貝の出現分布、水質・底質、水理環境などで、これらの調査地点を図-1に示す。

ホッキガイ稚貝の採捕は図-1に示した16地点でSM型採泥器(採泥面積:0.05 m²)を用いて行った。採集した底泥は1 mm目合いの篩にかけた後稚貝を選別

し、殻長の計測と個体数の計数を行った。

1993年調査では潜水夫によるコア採泥(アクリルパイプ製で内径:4.3 cm,長さ:24 cm)と直上水の採水(ニスキン採水器使用:1.7 l)を同地点で実施した。

稚貝採捕と採水、採泥は1992年度は10月~12月、1993年度は7月~12月の期間中毎月1回の割合で実施した。

底質の分析項目は粒径組成、窒素量N、炭素量C、クロロフィルa量などであり、水質についてはこの他にSS量が分析項目として加わる。

底層の水理環境を観測するために、湾内の3地点(St. 3, St. 9, St. 15)と港内1地点(St. 16)でメモリー式の電磁流速計(ACM16M-8)を海底上1.5 mに設置して、水位、3次元方向の流速、濁度について1秒間隔で時系列的に観測した。観測期間は1993年8月6日から同8月16日の10日間である。また、長期的な沿岸流速および水温変動については、地元漁協が湾内の2地点(St. 3, St. 9)に毎年6月から12月の間係留しているアンデラ流速計(URCM-1型)で得られた観測データを使用した。

3. 稚貝の出現状況と沿岸流の流路

3.1 ホッキガイ稚貝の成長、減耗、分布

道立釧路水産試験場資料(1994)から稚貝殻長の成長

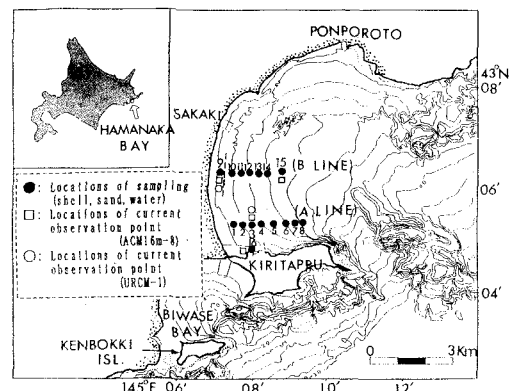


図-1 浜中湾の調査位置図

* 水博 水産庁北海道水産研究所 魚介類増殖研究室長
 ** 水博 水産庁北海道水産研究所 生物環境研究室長
 *** 正会員 工博 茨城大学助教授 工学部都市システム工学科
 **** 道立釧路水産試験場 増殖部

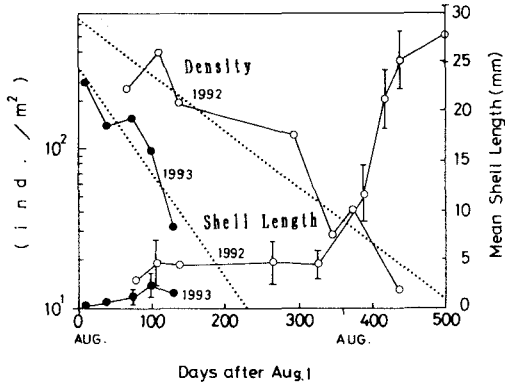


図-2 ホッキガイの成長と減耗曲線 (浜中湾)

曲線と平均個体数密度の消耗曲線を作成した (図-2)。1992年級および1993年級の全調査地点における平均出現密度は着底直後は600個/m²と300個/m²程あったと推定され、両年級ともに大量発生群であったことが調査により判明した。そして、その後の出現密度の減耗係数M (図中の点線) は単位m²当たりの出現密度の変化を次式で表し、最小自乗法により推定した。

$$N_t = N_0 \exp(-Mt) \dots\dots\dots (1)$$

ここで、*t* は着底日を毎年8月1日と仮定して、その日から各調査日までの日数で、*N*₀、*N*_{*t*} は最初および各調査日における稚貝の出現密度である。減耗係数*M*は1992年級が0.008/dayで1993年級は0.014/dayとなった。ただし、季節別の減耗傾向をみると、1992年級の場合、減耗が激しいのは成長の停滞する冬期から春期ではなく、7月~10月の成長期に対応している。

調査 line (A, B) 上の海底形状、オオアマモの分布ならびに1992年級の稚貝密度分布の時間的変化などについて図-3に示した。A line 上での稚貝分布の特徴はSt. 3での稚貝の初期集積とその後の急激な減耗である。また、主分布域の移動が殆どないことと、St. 3が藻場分布の沖側縁辺部に位置していることも特徴といえる。つまり、藻場全体が稚貝の高密度域という訳ではない。

次にB line 上の出現密度の大きさはA line 上の1/20程度と小さく、また分布の時間的変化からline 上で岸から沖(9.0 m)へ稚貝の移動が推定され、A line とは異なった密度分布の変動形態が認められた。

本研究ではA line 上にみられる稚貝の高密度集積と急激な初期減耗に焦点をあて、水理学的な影響について検討を行なった。

3.2 沿岸流による浮遊幼生の輸送経路

浜中湾における沿岸流速変動の観測結果では観測期間中の沿岸流の流速振幅は5 cm/s 以下の場合が殆どであることが報告されており (道立釧路水産試験場, 1994),

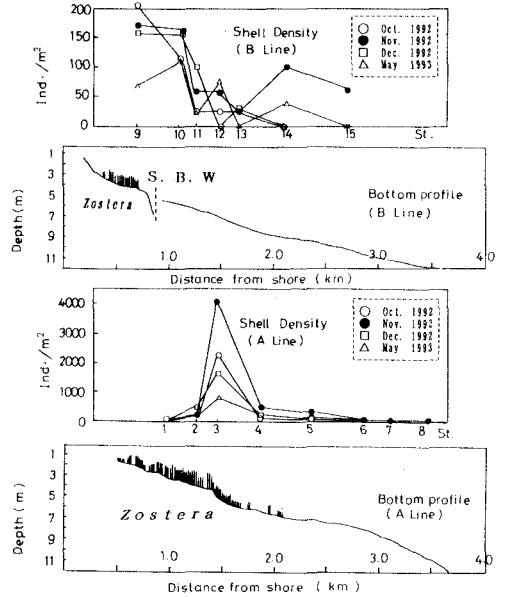


図-3 海底形状および藻場と稚貝密度の岸沖分布

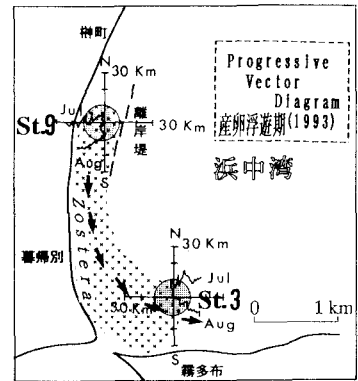


図-4 流跡図

非常に緩やかな流れである。また、1993年の観測データをもとにホッキガイの浮遊幼生期にあたる7月と8月の流跡図 (図-4) を作成した。

月間の流程から計算した平均流の大きさは1.0 cm/s 以下である。また、平均流の流路はオオアマモ場に沿って反時計回りに緩やかに流下していることが推定され、稚貝の高密度集積地点であるSt. 3は流路の変曲点に位置している。このような沿岸流特性からSt. 3付近には浮遊生物などの顕著な滞留作用が発生したと考えられる。

4. ホッキガイの餌環境

4.1 波浪による底層の流れと巻き上げ特性

電磁流速計による底層の水平流速の振幅、波高、濁度

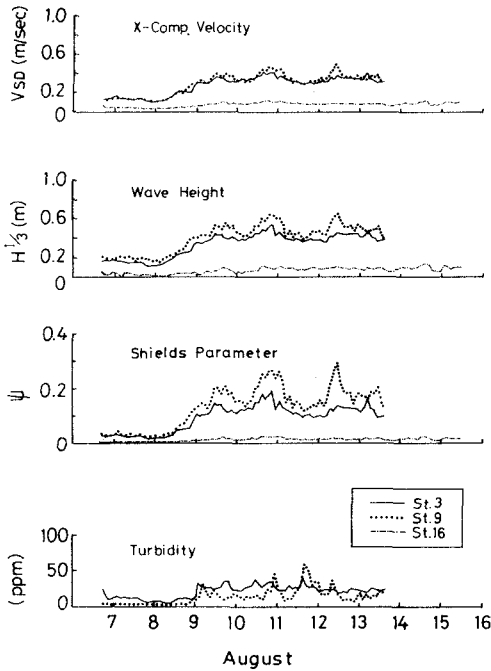


図-5 水平流速の振幅, 1/3 有義波高, シールズ数 ψ および濁度の経時的変化

および計算により求めたシールズ数 ψ の時系列変動を図-5 に示す。

期間中に観測された有義波高は最大 0.7 m (St. 9) で、この時の波浪流速は最大 48 cm/s になり、最大シールズ数は 0.3 であった。なお、1/3 有義波の周期は港内の St. 16 が 4 秒～8 秒、湾内の St. 3, St. 9 が 7 秒～11 秒の範囲にあった。

次に、観測期間中の湾外の沖波記録(尻羽崎沖波浪観測データ：釧路地方気象台)を入手して湾内外の波高比(図-6)を検討した。浜中湾は半開放性の海岸であり霧多布半島による南東方向からの沖波の遮断効果ならびに湾口部浅瀬での沖波の砕波効果が重なり湾内の静穏度の高いことがわかる。特に稚貝の集積がみられる St. 3 は湾内の中でも静穏で湾外波高の 1/6 以下に減衰することになる。なお、St. 15 は故障により期間中のデータが得られなかったため、同地点で釧路支庁が別途実施した観測結果(釧路支庁, 1994)を使用した。

波浪による巻き上げ量を検討するために、シールズ数と濁度の関係を求め図-7 に示した。なお、シールズ数 ψ の計算は次式に従った。

$$\psi = f_w \cdot u_b^2 / 2sgd$$

ここで、 u_b は底面軌道流速の振幅であり、 s は砂の水比重、 f_w は Jonsson の底面摩擦係数、 g は重力加速度で d は砂の中央粒径 (0.1 mm) である。

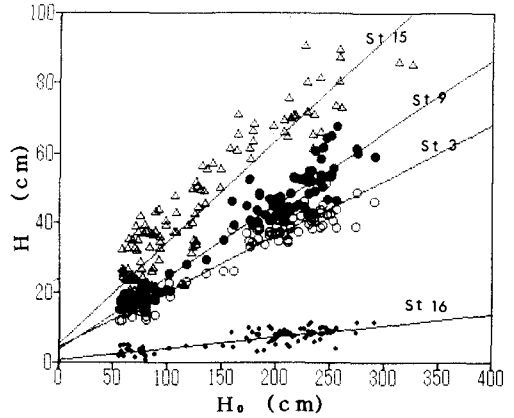


図-6 湾外波高と調査地点波高の比較

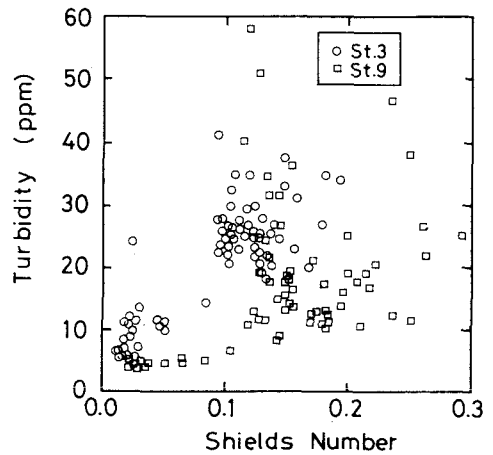


図-7 シールズ数 ψ と濁度の関係

シールズ数が小さく掃流状態の範囲では濁度は直線的に上昇するが地点によりその傾きが異なっている。シールズ数が 0.1 を越えると濁度の変動は急激で、かつ複雑な分布になる。

4.2 底質の粒度組成と有機物含有量

ここでは、まづ底質の一般的な特性である粒度組成について検討した。静穏度が高いことを反映して、浜中湾の海底面の平均中央粒径 (Md) は微細砂 (約 100 μ m) に相当し沖に向って細くなる傾向がみられ、これは 63 μ m 以下のシルト含有率の増加に由来している (図-8)。

ホッキガイ稚貝の生息地として不適な港内や水深 10 m 以上の地点のシルト含有率は 12% 以上にあたり、稚貝の集積が確認されたオオアママ場のシルト含有率は 5～8% の範囲で特に高い含有率とはいえない。

次に、コアサンプルを分析して Chl. a とその分解産物である Pheo. 色素量の表層 (0 cm～2 cm) における分析値を表-1 に示した。

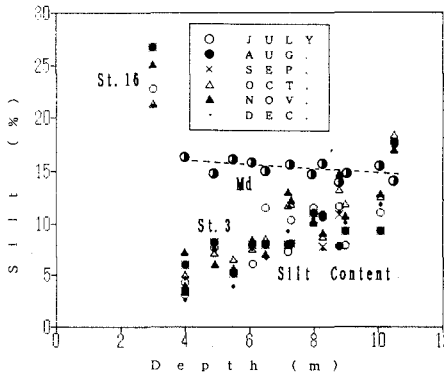


図-8 底泥のシルト含有量と平均中央粒径の分布

表-1 表層泥の Chl. a と Pheo.色素量の分析値

	St. 3		St. 9		St. 15		St. 16	
	Chl. a	C/P*	Chl. a	C/P*	Chl. a	C/P*	Chl. a	C/P*
Jul.	0.11	0.06	1.68	0.51	0.43	0.11	1.28	0.06
	1.61		1.57		3.38		18.20	
Aug.	0.46	0.13	1.18	0.66	0.20	0.03	0.26	0.06
	2.96		0.59		5.25		4.06	
Sep.	1.29	0.15	0.96	0.42	2.02	0.26	1.75	0.26
	7.15		1.33		5.76		4.93	
Oct.	—	—	—	—	0.87	0.12	2.88	0.07
	—	—	—	—	6.14		34.52	
Nov.	1.15	0.19	0.37	0.19	0.31	0.08	5.23	0.30
	4.66		1.59		3.20		11.73	
Dec.	0.75	0.19	0.44	0.30	0.23	0.05	3.89	0.15
	3.04		0.98		3.70		20.90	

* : C/P=Chl. a/(Chl. a+Pheopigment)
Unit (Chl. a, Pheo.) : ng (mg·DW)⁻¹

表面に堆積した Pheo.色素量は St. 9 に比べて、沖合いの St. 15 や港内の St. 16 では多く、全色素量 pigment に対する Chl. a の比率 C/P も低い。また、St. 9 とほぼ同様な水深帯に位置した St. 3 では St. 9 に比べて Pheo.色素量が多く、C/P 比も低いことから、高密度に集積した稚貝などの摂餌行動による生物的堆積作用 (biodeposition; Krauter, 1976) の影響が現われている。

4.3 直上水に含まれる有機懸濁物

波による底泥の巻き上げ量はシールズ数と濁度との関係 (図-7) から、波高の大きさに対して線形的に増加せず、しかも地点により増加曲線が異なるなど複雑な変動をすることが予想される。

直上水に含まれる SS 量と粒状有機窒素 PON の関係 (図-9) をみると、両者間にはっきりとした正の相関性が認められない。つまり、直上水の PON が底質に依存している時と、SS とは独立の水質起源であると考えられる場合があり複雑な分布をしている。

ホッキガイの餌の指標となる PON を構成する主要物質は図-10 から、植物プランクトン由来の全色素量 Pig-

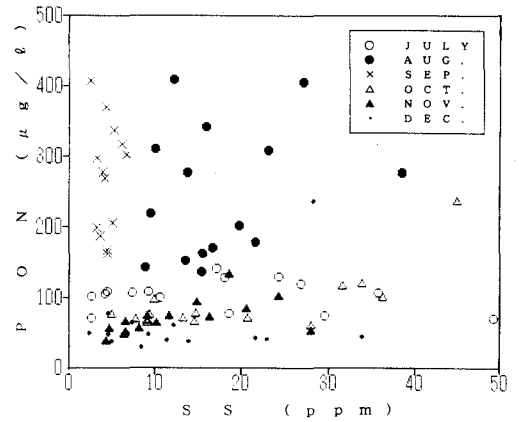


図-9 直上水に含まれる SS 量と PON の関係

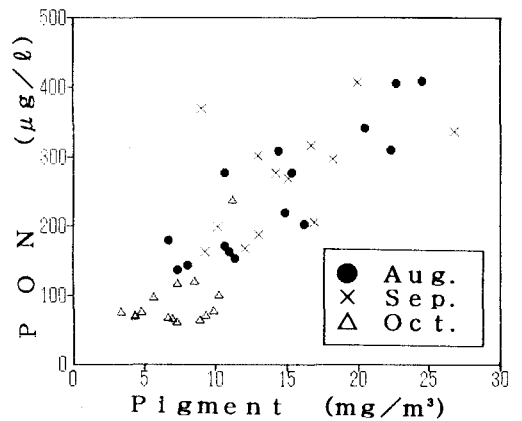


図-10 全色素量 Pigment と PON との関連性

ment (Chl. a + Pheo) に関係していることが推定される。

Pigment の内生きている植物プランクトンに含まれる Chl. a と PON との関係は一部の地点を除き大局的には正の相関性があり、植物プランクトン現存量の大きい 8 月、9 月では特に明確である (図-11)。

そして、図-11 で PON に対して Chl. a が寄与しない特異点は A line 上で稚貝密度が高い地点 (St. 2~St. 6) に相当していることが判明し、これらの地点の直上水には Chl. a の分解産物である Pheo.色素量の比率が他の地点に比べて高いことが示唆される。

つまり、ホッキガイ稚貝などの高密度地点では懸濁物食性 (SF) ベントス類の摂餌行動によって大量の Chl. a が取り込まれ、糞や擬糞として排泄され堆積し、その一部が再懸濁した結果、高い Pheo.色素量が検出されたと考えられる。

5. 稚貝の減耗要因と餌環境指標

ホッキガイなどの二枚貝類の多くは懸濁物食性であ

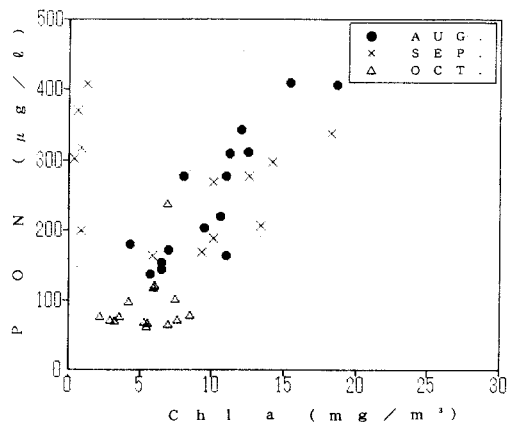


図-11 PON に対する Chl. a の寄与

り、直上水に含まれる粒状有機物が餌になる。一方、二枚貝の稚貝は高懸濁状態では成長が阻害され死亡率が高くなる例が報告されている(例えば、Bricelj等, 1984)。

つまり、稚貝の餌環境は粒状有機物量と無機物主体のSS量の比によって決定されると考えられる。ただし、直上水に含まれる有機物量やSS量は日々の波浪状態などによって大きく変動することが予想される。そこで、水質起源のこれらの化学的成分をその地点の底質成分で置換え、さらに波による巻き上げ外力を考慮して、ホッキガイ稚貝の餌環境指標 P_{index} を提案した。

$$P_{index} = (C/P)/SS' \dots\dots\dots (2)$$

$$SS' = (H'/Depth) \cdot Silt' \dots\dots\dots (3)$$

$$Silt' = Silt \text{ cont.} + \delta(Silt \text{ cont.} - 10\%) \dots\dots\dots (4)$$

$$\delta = 0 : Silt \text{ cont.} < 10\%$$

$$\delta = 1 : Silt \text{ cont.} \geq 10\%$$

ここで、 C/P は海底表面の Chl. a と Pigment の比であり、毎月の分析数値(表-1)の平均値を与える。

また、 $Depth$ は水深で、 H' はその地点の相対波高で波高比(図-6)を使用した。 $Silt'$ はシルト含有量(図-8)が10%をこえる場合は稚貝の生理障害を起こす効果として、補正係数 δ を考慮した。 P_{index} は餌として稚貝の成長を促進する指標 C/P と高すぎると成長の阻害要因になる相対懸濁量 SS' の比率を表しており同指数が高い程好適な餌環境となる。

調査期間中(7月~12月)の平均 C/P 比を使い計算した地点別の P_{index} (表-2)は St. 15(稚貝の生息限界水深)や St. 16(港内)など稚貝の生育環境として不適な地点では低く、離岸堤内側の浅場に位置する St. 9 で高い数値となった。また、稚貝の高密度集積のみられた St. 3 では St.

表-2 稚貝の餌環境指標 P_{index}

St.	Depth(m)	Silt(%)	H'	SS'	C/P	P_{index}
3	4.9	7.5	0.17	0.27	0.15	0.56
9	4.0	4.0	0.23	0.23	0.41	1.78
15	10.1	12.0	0.31	0.43	0.11	0.26
16	3.0	23.0	0.03	0.44	0.16	0.37

9 に比べて P_{index} は 1/3 と低く餌環境が好適な状況でないことを示している。

浜中湾における貝桁網調査によるとオオアマモ場縁部の St. 3 周辺では、他の地点と比較してホッキガイだけでなく他の二枚貝類の種類数と個体数が多く、種の多様性指数が高いこと、および巻貝やヒトデ類などの捕食生物が少ないことなどが報告されている(道立釧路水産試験場, 1994)。また、底泥のシルト含有率も他の地点より特に高い結果は得られていない(図-8)。

以上述べた状況から判断して、St. 3 では餌量からみた環境収容力以上の稚貝および他の SF ベントスの高密度集積が藻場縁部で発生し、それらによる有機懸濁物の摂餌圧が増加している。一方、オオアマモ群落内では流体抵抗によって流れが遅くなる結果、餌量 Flux が低下することが予想される。これらの複合作用により、St. 3 では稚貝密度の急激な減耗が引き起こされたと考えられる。

6. おわりに

本研究においては、ホッキガイ稚貝の初期生態を解明するため沿岸流の流路解析、底質の巻き上げ特性、有機懸濁物の定量分析、オオアマモ場内外での餌環境動態などこれまでとは視点をかえた学際的立場から検討を行なってきた。初期生態に対する、これら水理学的諸元の影響を数量的に解析評価するに至っていないが、稚貝の初期集積と減耗過程および分布移動について物理的外力の影響が直接的、間接的に関与している事実が示唆された。

参考文献

北海道立釧路水産試験場 (1994): 平成5年度ホッキガイ稚貝補充調査報告書, p. 14.
 北海道釧路支庁 (1994): 平成5年度浜中地区地先型増殖場造成事業技術開発調査報告書, pp. 1-77.
 Bricelj V. M., R. E. Malouf and C. de Quillfeldt (1984): Growth of juvenile *Mercenaria mercenaria* and the effect of resuspended bottom sediments, Mar. Biol., Vol. 84, pp. 167-173.
 Kraeuter J. K. (1976): Biodeposition by Salt-Marsh Invertebrates, Mar. Biol., Vol. 35, pp. 215-223.