

海岸構造物によるホッキ貝漁場の形成機構 に関する研究

——ホッキ貝と砂の移動に関する考察——

Mechanism of Formation of the Fishing Ground for the Japanese Surf Clams Around the Coastal Structures

—Consideration about Movement of Japanese Surf Clams
and Sand Drift—

宮 本 義 憲*

Yoshinori MIYAMOTO

港湾、漁港など既設構造物周辺では、ホッキ貝など、貝類が高密度に生息している例が多い。一方、ホッキ貝は稚貝段階において大量に減耗することが増殖の上で障害となっている。波浪による貝の移動についての基本的検討を行った結果、稚貝の移動限界流速として20~35 cm/sec という値を得た。

《海岸構造物；ホッキ貝；移動限界》

Around coastal structures there are numerous high density habitats for the Japanese surf clams and other marine organisms. However, there is a very high mortality of juvenile shells by wave action. From studies of the movement of young Japanese surf clams, the critical velocity was determined to be around 20-35 cm/sec.

Keywords: coastal structure, Japanese surf clam, critical movement.

1. はじめに

ホッキ貝は、標準和名をウバガイ (学名 *Spisula sachalinensis*) といい北海道ではホタテガイに次ぐ有用二枚貝である。全国の生息分布は北海道から太平洋側は茨城県、日本海側は富山県まで広がる。

昨今、沿岸域において港湾、漁港、海岸保全の各施設が整備されるに伴い、その施設周辺において貝の高密度生息域が出現する事例がみられる。

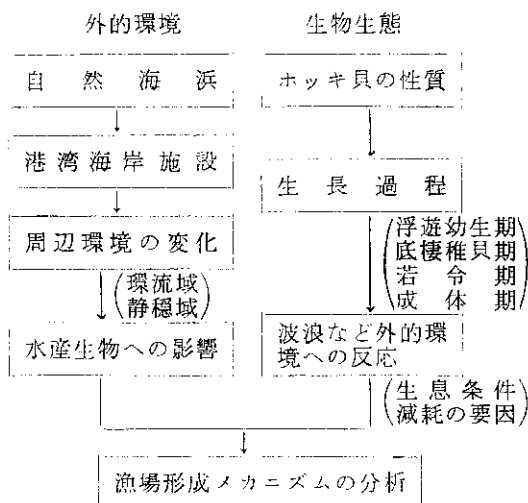
このことは、沿岸域における既設構造物が水産資源の保護、培養になんらかの効果があることを意味しており、そのメカニズムについての解析がなされてきている。

かつて月報第386号(昭和60年7月)¹⁾において、石狩湾新港周辺を対象に漁場形成機構についての生物学的、水質学的検討を行った。

今回は、ホッキ貝の主要な減耗要因である波浪による貝の移動現象について基礎的考察を行い、ホッキ稚貝生息域の具備すべき物理的条件について検討することとした。

ホッキ貝の成長過程とその周辺環境、例えば波、流れなどの物理環境との関係は次のような模式的フローとして整理できる。

*水産土木研究室長



本研究では、このなかでも特に稚貝段階での減耗に大きくかわる流れと稚貝の移動について考察するものである。

2. 北海道におけるホッキ貝の漁獲量

2-1 全道の漁獲量

最近10年間の北海道のホッキ貝漁獲生産量を表-1に示す。

昭和60年度の全生産量は3,388tで、これを支庁別にみると釧路支庁が最も多く647t、最も少ない後志支庁

で59tとなっている。

全体の傾向として釧路、根室、日高は年変動が小さく、日高は200t台、釧路、根室は500t台をほぼ維持している(根室は昭和59年229tに落ちた)。

一方、渡島、宗谷、十勝などは変動が大きい。さらに70数年前からの全道ホッキ貝漁獲量をみると、昭和13年に5,737tと最高を示し、昭和20年に1,000t以下に減少したがその後5,000t台が続き、昭和50年以降3,000t台を維持している。

この変動は主として太平洋西部(長万部～八雲地区)、根室近海(標津、別海地区)の漁獲変動に基づく傾向が現われたものである。

長万部～八雲地区は、昭和49～50年から資源の減少が著しく全面禁漁処置をとらざるを得ないところまで落ち込んだ経緯がある²⁾。

2-2 石狩町の漁獲量

石狩町における過去年のホッキ貝漁獲量を図-1に示す³⁾。急激な伸びを示した昭和52～54年は、昭和49年に稚貝の大量発生が影響したといわれている。

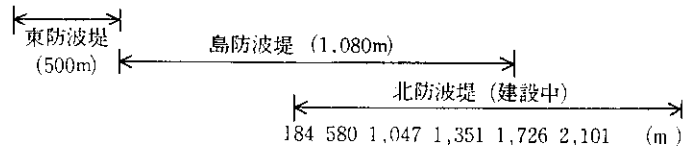
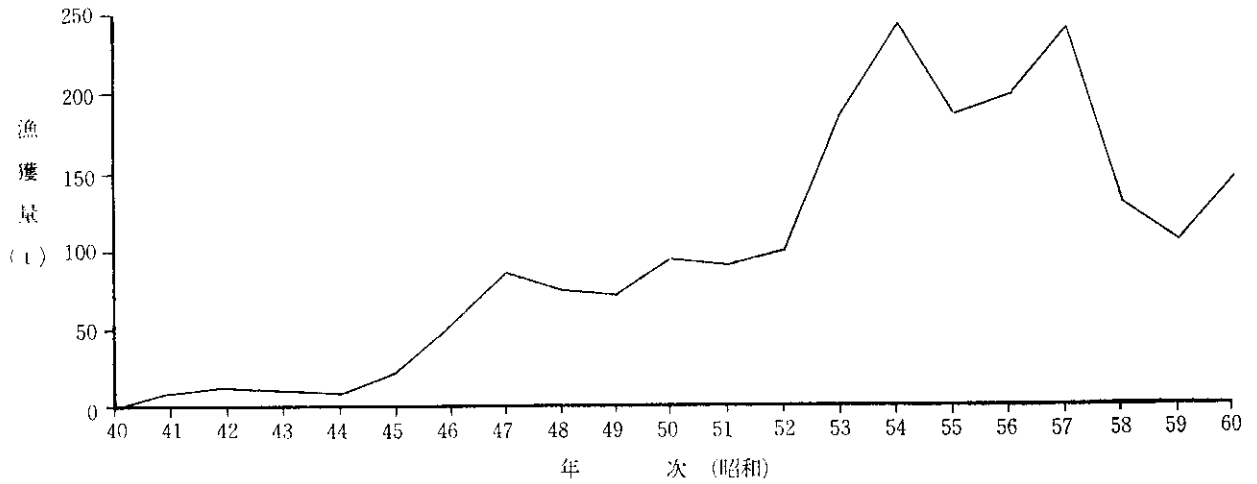
一方、石狩湾新港の建設が昭和48年より開始されており、東防波堤は昭和50年、島防波堤は昭和57年にそれぞれ完成しており、北防波堤が現在も建設中である。

石狩湾新港周辺のホッキ貝の資源調査結果を図-2に

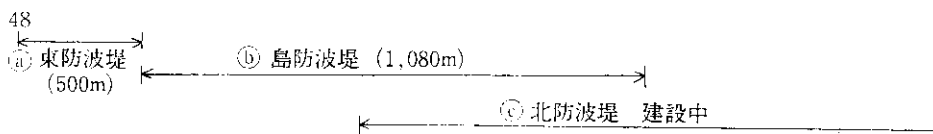
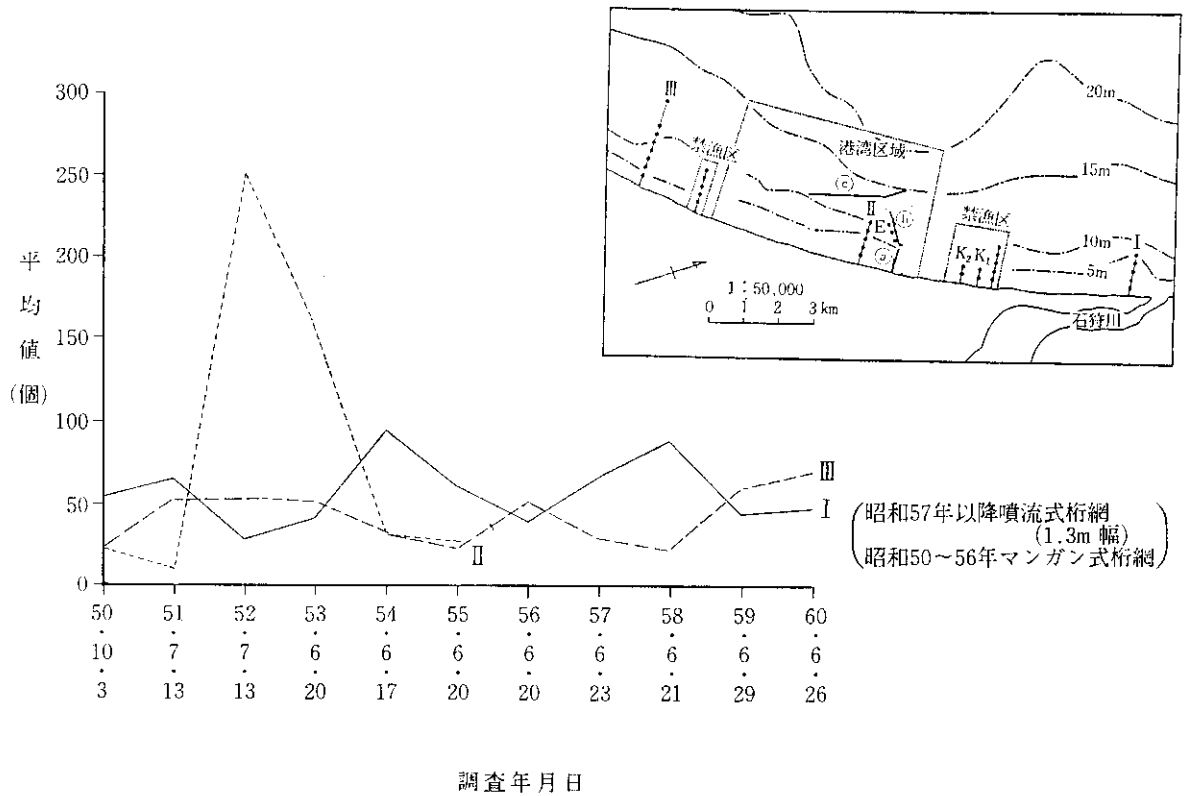
表-1 支庁別・年次別生産高(貝類)

(単位: トン 資料: 北海道水産現勢)

ホッキ貝	昭和45年	昭和50年	昭和55年	昭和56年	昭和57年	昭和58年	昭和59年	昭和60年
計	3,712	3,006	3,869	3,731	3,879	3,534	3,504	3,388
石狩	22	120	212	214	273	152	126	169
後志	38	41	61	68	161	75	7	59
檜山	—	—	0	—	—	1	—	—
渡島	912	656	940	717	464	321	371	413
胆振	630	391	425	425	451	467	239	440
日高	325	249	193	215	255	263	226	194
十勝	102	10	126	235	242	294	281	249
釧路	937	553	561	591	577	652	537	647
根室	666	561	675	568	606	572	229	485
網走	13	16	74	113	174	109	55	79
宗谷	41	359	344	364	327	256	93	272
留萌	26	50	258	220	350	374	430	381



図一I ホッキ貝の漁獲量 (石狩町)



図一2 石狩海域ホッキ貝の調査点別個体数 (個体数/100 m²)

示す。港内に位置するII線では他線に比べ圧倒的に大きな分布密度を示した年もあるが、昭和56年以降港湾工事の進捗に伴い継続調査は行われていない。

毎年、港内の稚貝を外海へ移植放流することも行われており、防波堤によって被覆された静穏域が稚貝の保護に寄与していることは十分考えられる。

3. 石狩湾新港東防波堤周辺の流況

小樽港湾建設事務所は、昭和61年10月4日～昭和61年12月14日の期間東防波堤側において3カ所流況観測を実施した⁴⁾。調査個所を図-3に示す。流速計はアンデラー型流速計を3台使用した。

それぞれ流速計は海底上1mの位置に設置した。

観測結果は次のとおりである。

1) 最強流速は1.0～1.1 m/sで、St. 2で1.1 m/sが観

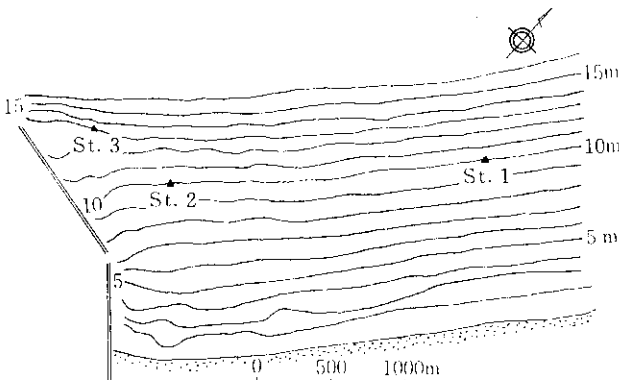


図-3 流況調査位置図

測された。

2) 流向はSt. 1が海岸線に平行な2方向型、St. 2、St. 3はSW方向に偏る一方向偏向型である。

3) 流速0.2 m/s以下の出現率は前期(10/4～11/8)で約8割、後期(11/9～12/14)で5～6割を占めた(表-2、図-4、5に示す)。

4) 全期間の平均流速はSt. 1が北流3 cm/s、St. 2、St. 3が南西4～5 cm/sで、25時間移動平均流はSt. 1で北方、St. 2、St. 3で南方へ偏向している(図-6に示す)。

5) 各測点とも流速は低気圧の通過時に最低となり、通過後1～2で最強となる。

6) 流速変化は波高ときわめて高い相関を示す。

相関式は次のとおりである。

$$\text{St. 1 (-10 m)} \quad U = 14.061 \times H_{1/3} + 7.498 \quad (r = 0.937) \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{St. 2 (-10 m)} \quad U = 13.681 \times H_{1/3} + 5.803 \quad (r = 0.939) \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{St. 3 (-14 m)} \quad U = 11.955 \times H_{1/3} + 5.239 \quad (r = 0.920) \quad \dots\dots\dots (3)$$

U: 流速 $H_{1/3}$: 有義波高 r : 相関係数

また、調査期間中の日最大有義波高は図-6に示したとおりであり、11月26日に観測最高波を記録した。

このときの観測値は、有義波高 $H_{1/3} = 6.3$ m、周期 $T_{1/3} = 12.3$ sec、波向 $N 28^\circ W$ であった。

表-2 流況頻度特性表

	観測期間	10月4日～11月8日				11月9日～12月14日			
	測点	1	2	3	4	1	2	3	4
流向の出現率 第1位	方位	NE	SW	SW	W	NE	SW	SSW	SSW
	出現率 (%)	12.6	12.7	10.3	20.8	15.4	16.4	14.2	21.4
流向の出現率 第2位	方位	NNE	SSW	WSW	S	NNE	SSW	SW	W
	出現率 (%)	11.0	12.2	10.1	11.2	10.8	14.3	14.0	15.0
流向出現率の 形態	方位 出現率	2方向 集中型	1方向 偏向型	1方向 偏向型	1方向 集中型	2方向 集中型	1方向 偏向型	1方向 偏向型	1方向 偏形向
流速の出現率	0-0.2 m/s	71.7	82.2	78.6	86.0	54.3	59.0	69.0	88.4
	0.2-0.5	27.0	17.5	20.0	13.9	43.9	40.5	30.7	11.6
	0.5以上	1.3	0.3	1.4	0.1	1.8	0.4	0.3	0.0

A: 超音波式流速計

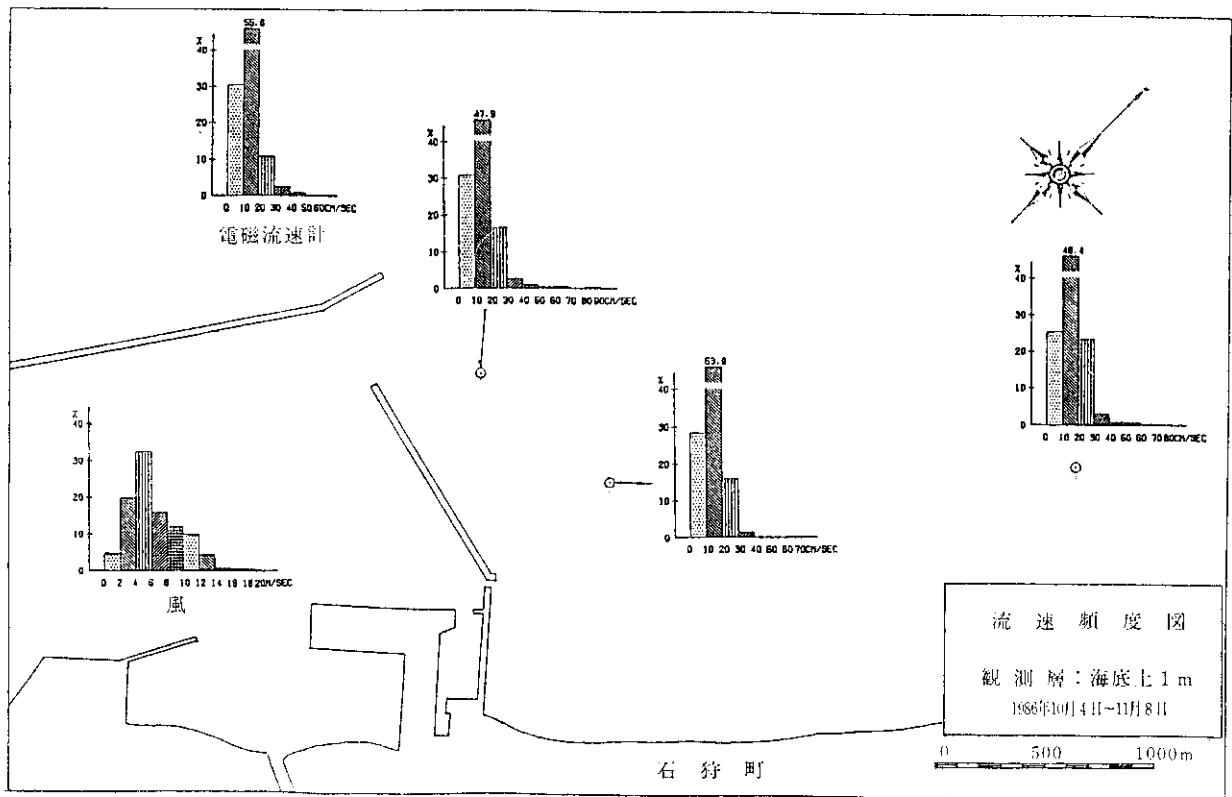
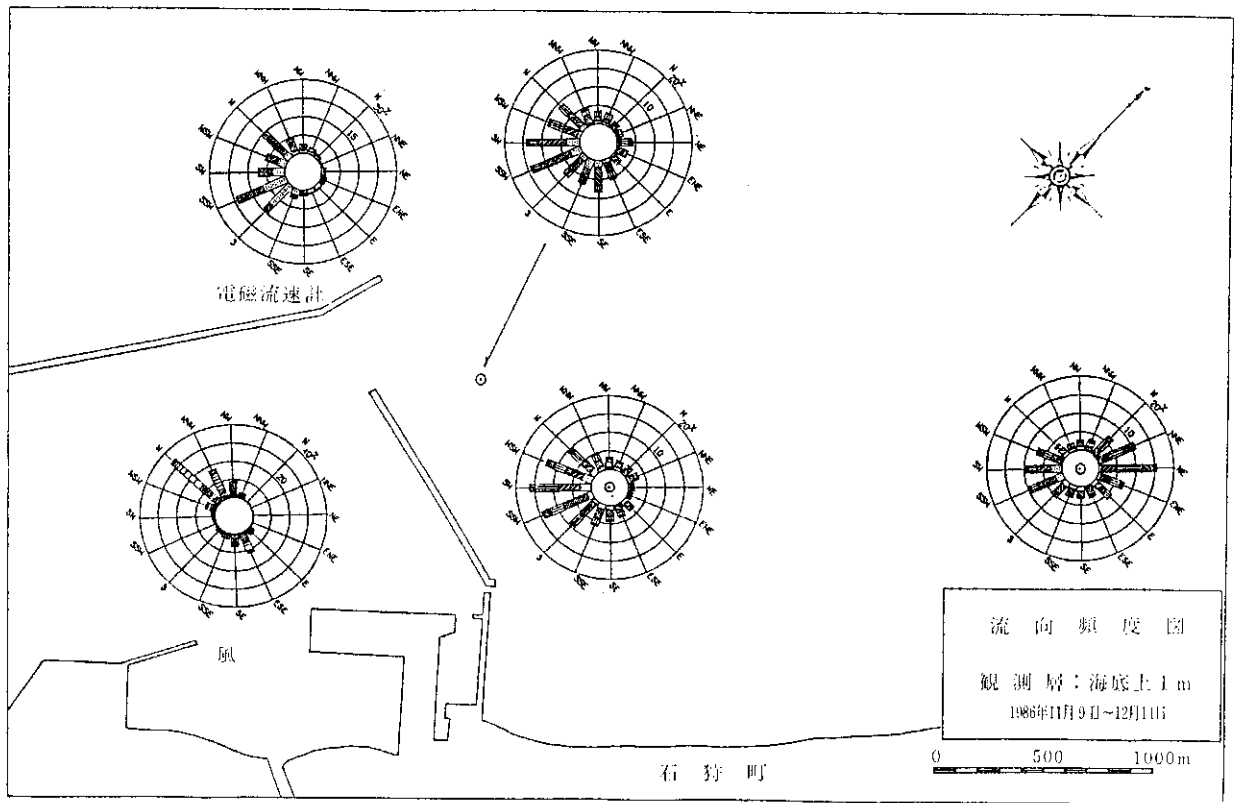


図-4 流速の出現頻度 (10月4日~11月8日)

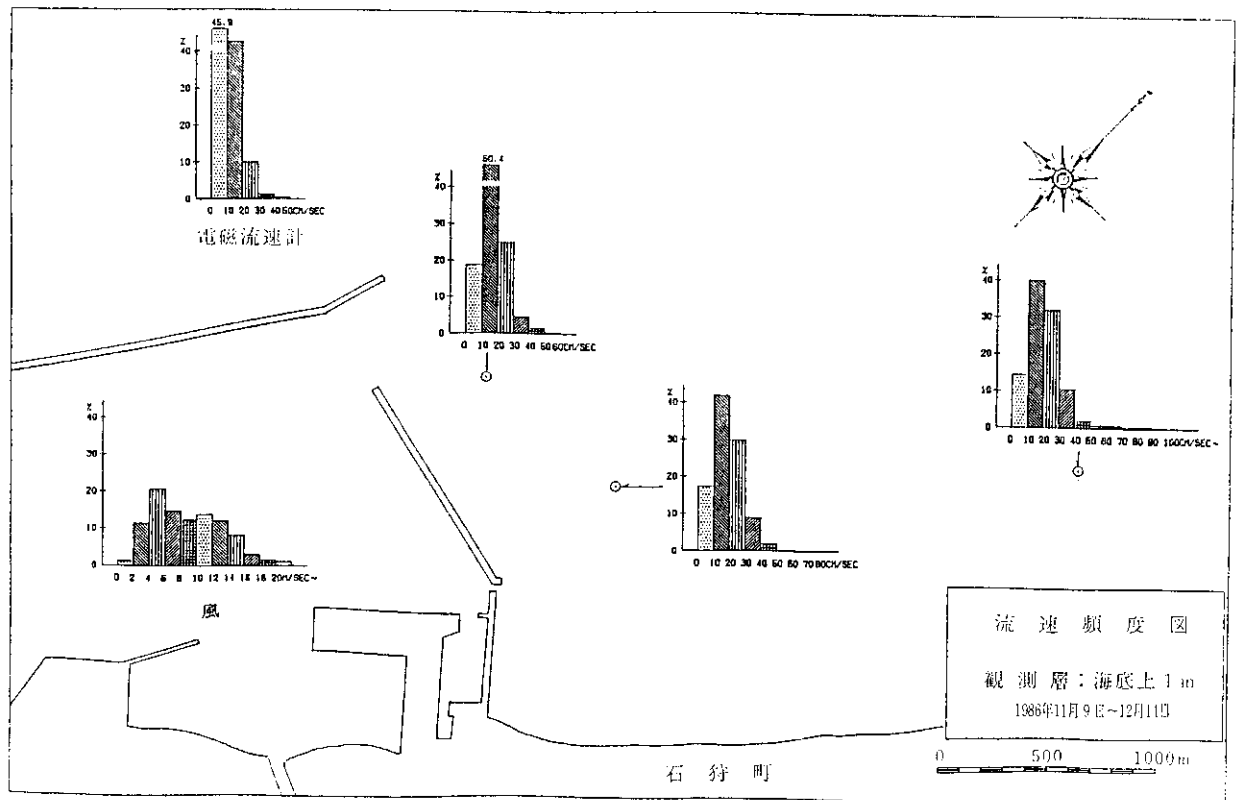
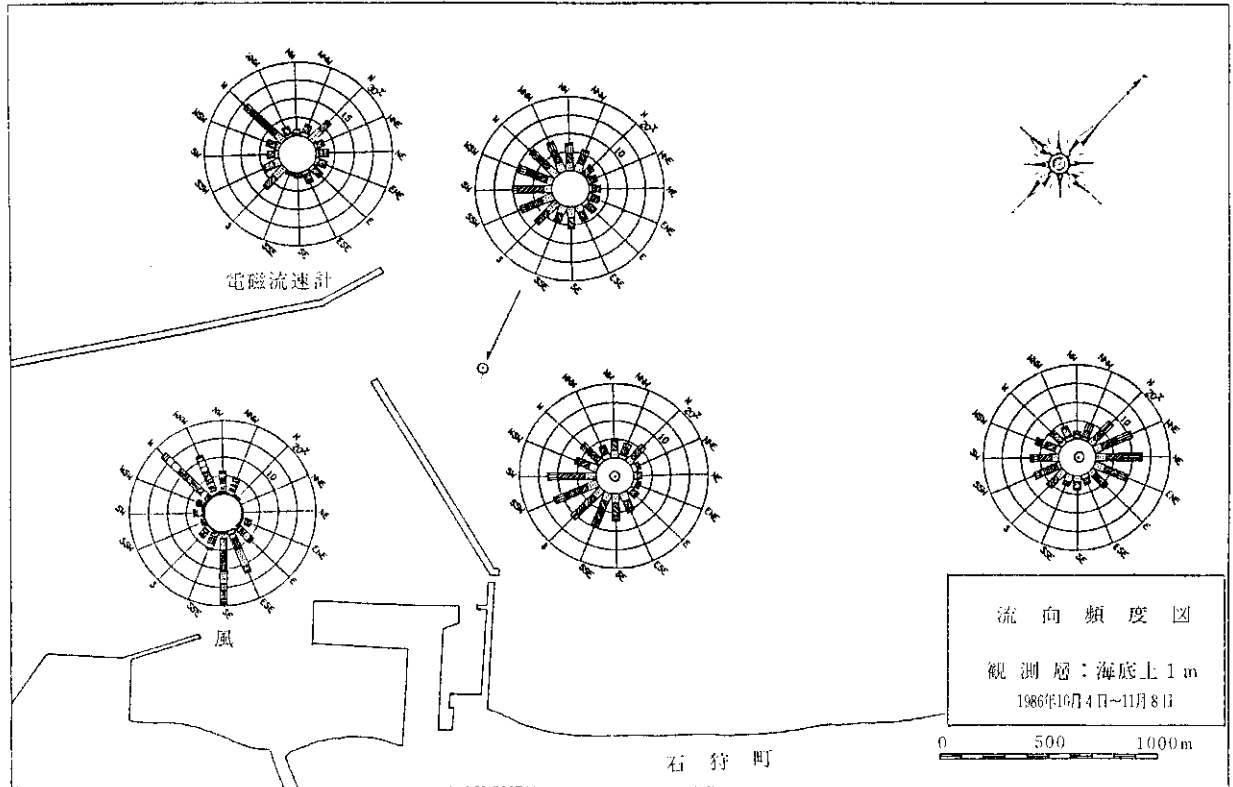
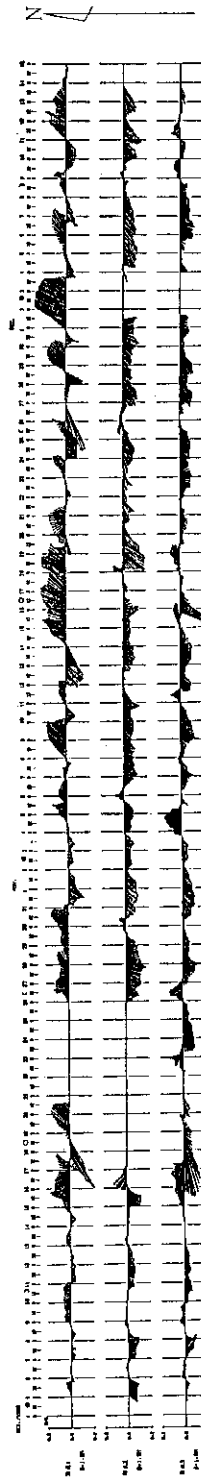
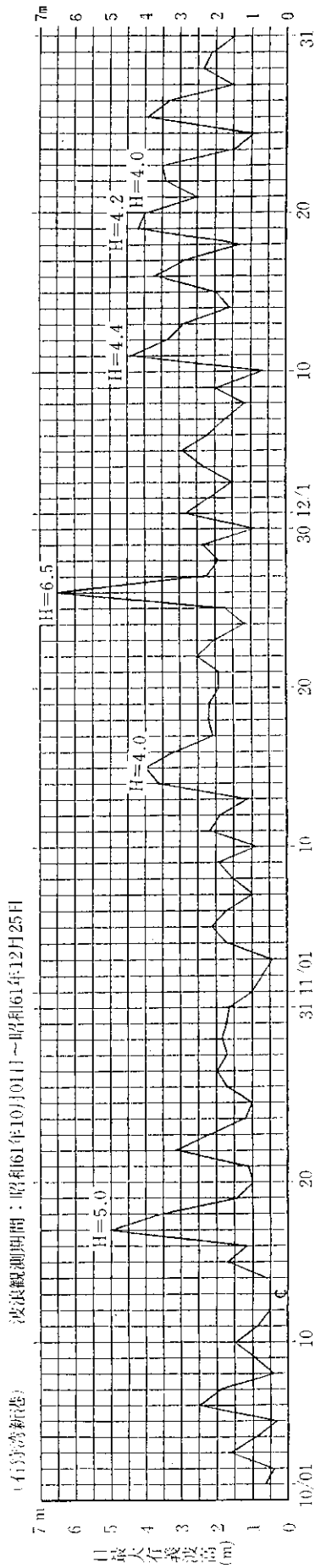


図-5 流速の出現頻度 (11月9日~12月14日)



図—6 日最大右義波高図 (流向・流速 25 時間移動平均ベクトル図)
(昭和 61 年 10 月 4 日～12 月 16 日)

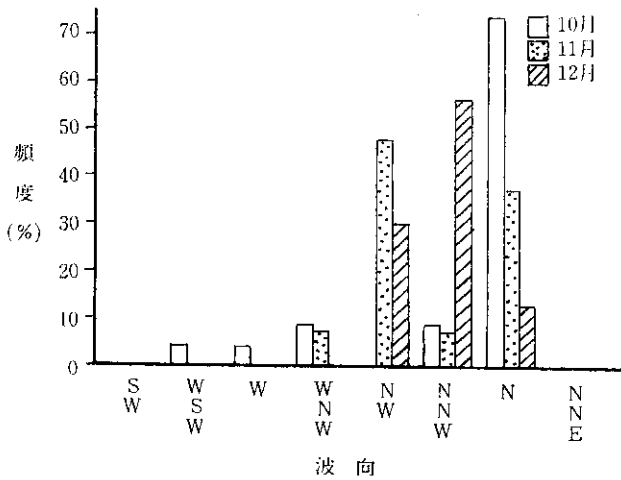
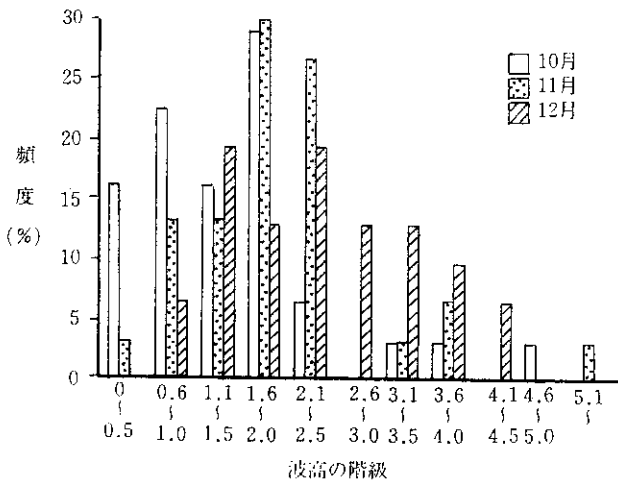


図-7 日最大有義波頻度

10月から12月にかけて日最大有義波高が2 mを越える頻度は月を追うごとに多くなり、10月は16.1%、11月は40.0%、12月は61.4%である(図-7参照)。

この傾向は、例年についていえるようである。

波向はN~NW方向がほとんどを占めている。東側海域に生息する貝にとって、この方向からの来襲波については東防波堤の遮蔽効果は望めない。

例として、11月26日の来襲波 ($H_{1/3}=6.5$ m, $T_{1/3}=12.3$ sec) について屈折図を作成した(図-8参照)。

また、この波の碎波水深、碎波高を求めると次のとおりである。

海底勾配 1/80~1/120, 波長 $L_0=168.5$ m, 換算沖波波高 $H_0=6.4$ m として、

碎波高 $H_b = 7.5$ m

碎波水深 $h_b = 10.6$ m

また、通常の荒天時として波の諸元を $H_0=2.0$ m, $T=6.5$ sec, $L_0=64.7$ m とすると、碎波水深および碎波高は次のとおりである。

碎波高 $H_b = 2.4$ m

碎波水深 $h_b = 3.2$ m

となる。

4. 稚貝の分布調査

流況観測を実施した10~12月は、貝が底棲生活に入って数カ月で成長もあまりなく、高波によって最も減耗を受けやすい時期である。

流況観測期間中の10月11日と11月7日に、計2回の稚貝分布調査を実施した³⁾。

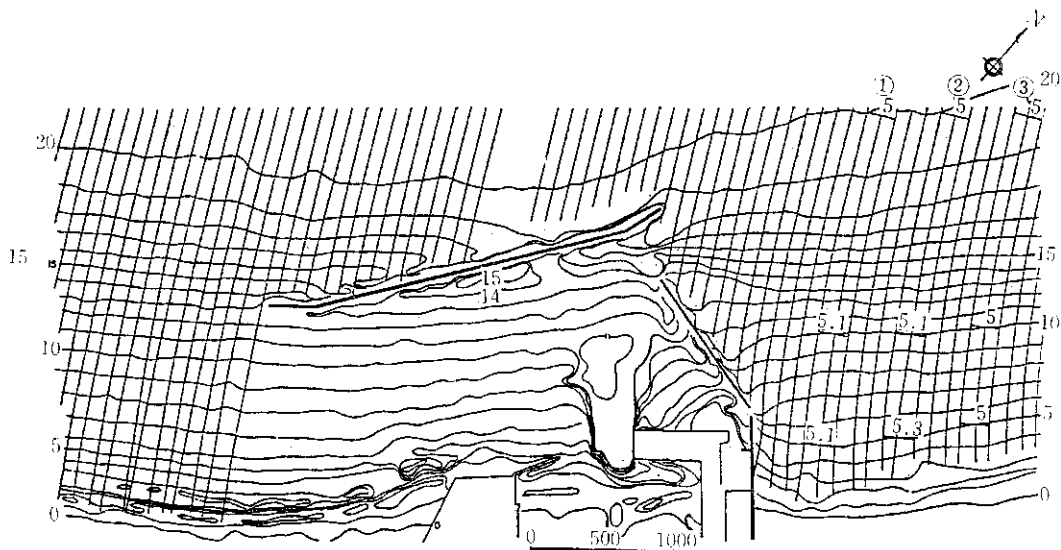


図-8 屈折図 (沖波諸元 $H_{1/3}=6.5$ m $T_{1/3}=12.3$ sec, 波向 $N 28^\circ W$)

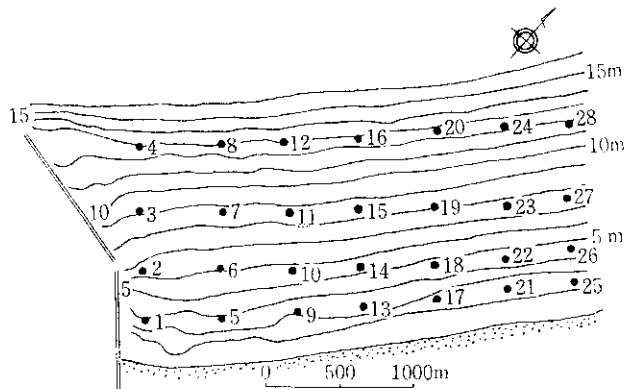
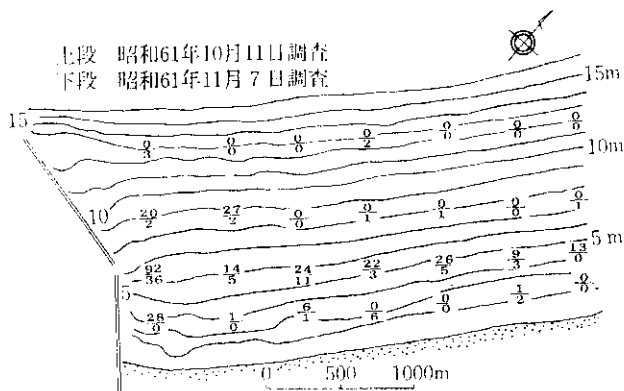
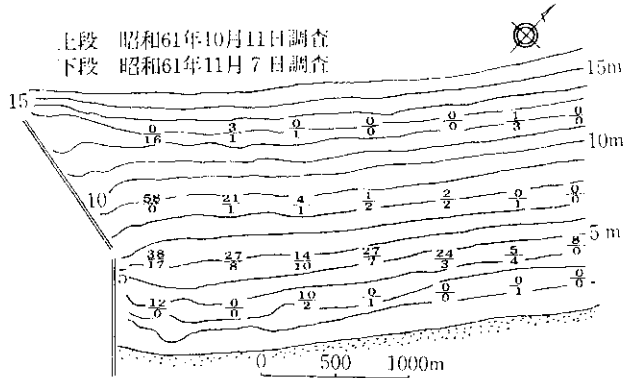


図-9 稚貝分布調査位置図



ホッキ貝 (稚貝) 出現個体数



エゾバガイ (稚貝) 出現個体数

図-10 貝の出現個体数

調査位置を図-9に、出現個体数を図-10に示す。

1回目の調査結果に比べて2回目の調査結果は、稚貝の出現数がかなり減少している。

減少の度合いが顕著な個所は、東防波堤近傍および水深-5m付近であり、出現数が増加した個所はNo.4のみである。これはエゾバカ貝にも共通しており、出現数の増減は外力(波浪、流況など)によるものと考えられる。

出現した稚貝の平均殻長は表-3のとおりである。

ホッキ貝、エゾバカ貝とも10月と11月では大きな差

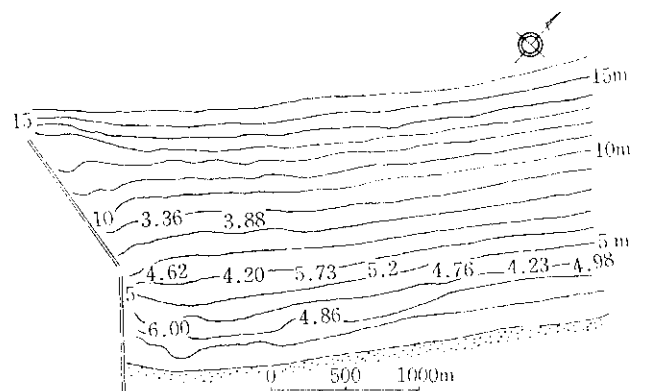
はないものの偏差は若干小さくなっている。

各調査個所ごとの平均殻長は図-11に示すとおりであり、10月、11月とも平均殻長にバラツキがみられる。

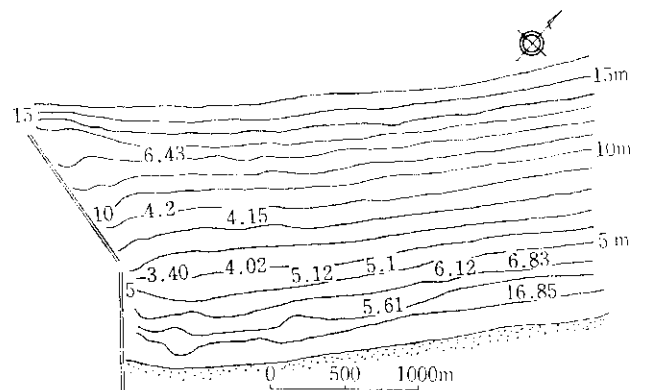
東防波堤近傍の平均殻長をみると、10月調査時は沖から岸に向かうに従って殻長が大きくなるが、11月調査時は岸側の方が小さい。(ただし、11月調査時の出現数が極端に少ない個所もあり、その個所の平均殻長を代表値として正確に表わしているとは限らない)。

表-3 稚貝の平均殻長 (mm)

	ホッキ貝	エゾバカ貝
10月11日調査	5.0±3.6	4.0±3.1
11月7日調査	4.9±2.7	4.6±1.9



(昭和61年10月11日調査)



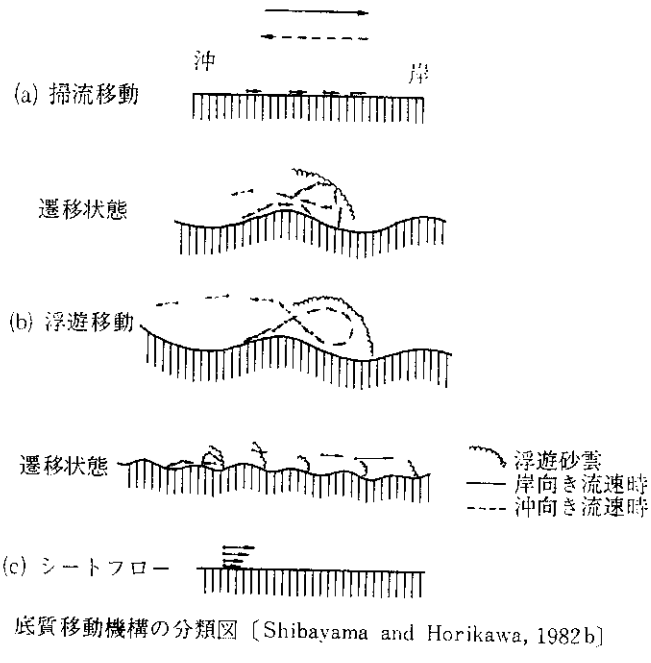
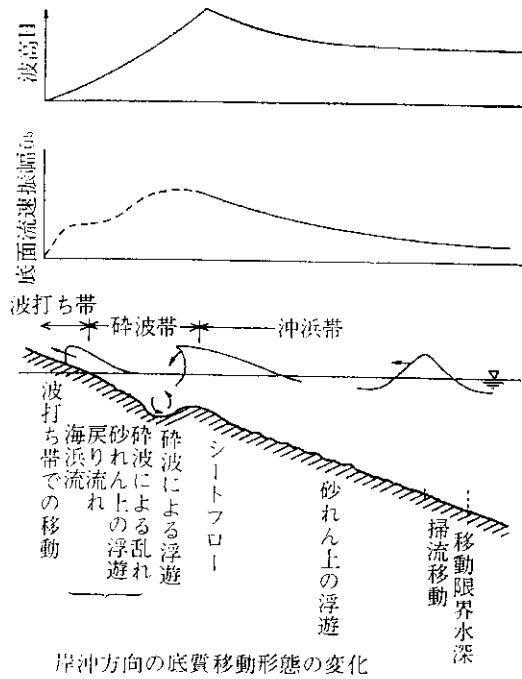
(昭和61年11月7日調査)

図-11 ホッキ貝の平均殻長

5. 稚貝の移動限界

5-1 掃流力による移動限界

ホッキ貝の潜砂深については十分に明らかにされていないが、北海道大学での室内実験結果では殻長の0.5倍程度である⁵⁾。しかし、実海域ではもっと深く潜ってい



図—12 底質の移動形態

ることが予想される。

一方、海底砂の動きに着目すると、移動限界水深よりも浅くなるに従い、図-12に示すような海底形態がみられる⁶⁾。

稚貝の移動に大きく影響するのは砂れんが形成される場所が浅であるが、底棲生活に移ってまもない時期では、稚貝の大きさも0.26~1 mm程度で潜砂深も小さく、底質の掃流移動で動かされることが十分考えられる。

したがって、まず底質の移動から限界流速を検討する。底質粒径を0.2 mmとして一様粒径砂の限界掃流力式から、砂の限界摩擦速度を計算する。

$$U_{*c}^2 = \tau_c / \rho \dots\dots\dots (4)$$

$$= gn^2 u^2 / h^3$$

u_* : 摩擦速度, u : 平均流速, h : 水深, n : マニングの粗度係数 (0.03)

ここで、岩垣の式を適用して限界流速 u を求める。
 粒径 $d=0.2$ mm に対し、 $U_{*c}^2 = 8.41 d^{11/32} \dots\dots\dots (5)$
 $= 2.2 \text{ (cm}^2/\text{sec}^2)$

したがって、水深 $h=10$ m のとき

$$u = \sqrt{U_{*c}^2 \cdot h^{1/3} / gn^2}$$

$$= \sqrt{2.2 \times 10^{-4} \times 10^{1/3} / 9.8 \times 0.03^2}$$

$$= 23.2 \text{ cm/sec (20.4 cm/s)}$$

水深 $h=5$ m のとき

$$u = 20.4 \text{ cm/s (18.2 cm/s)}$$

() 内の値は、栗原の式による計算結果である。

したがって、0.2 mmの底質砂は流速 20 cm/s 以上になると移動するものと考えられる。

次に岩垣の限界掃流力式から、稚貝の限界流速を算定する。

ホッキ貝の比重は、北海道大学水産学部の研究報告より $\sigma/\rho=1.3$ を採用する⁵⁾。

$$R_* = [(\sigma/\rho - 1)g]^{1/2} d^{3/2} / \nu \dots\dots\dots (6)$$

σ/ρ : 比重 (1.3) d : 粒径 (殻長)
 ν : 動粘性係数 (0.01)

この式から、各粒径 (殻長) に対応する限界摩擦速度は次のようになる。

- ① $d \geq 0.5$ cm ($R_* > 671$) $U_{*c}^2 = 14.7 d$
- ② $0.2 \leq d \leq 0.5$ ($162.7 \leq R_* \leq 671.0$) $u_{*c}^2 = 19.0 d^{31/22}$
- ③ $0.1 \leq d \leq 0.2$ ($54.2 \leq R_* \leq 162.7$) $u_{*c}^2 = 10.0 d$
- ④ $0.01 \leq d \leq 0.1$ ($2.14 \leq R_* \leq 54.2$) $u_{*c}^2 = 7.9 d^{11/32}$

したがって、例えば 2 mm 殻長の貝に対する限界摩擦速度は $U_{*c}^2 = 2 \text{ cm}^2/\text{sec}^2$ であり、このような摩擦速度を起こす流速は、水深 10 m の場合、

$$u = \sqrt{u_{*c}^2 \cdot h^{1/3} / gn^2} = \sqrt{2 \times 10^{-4} \times 10^{1/3} / 9.8 \times 0.03^2}$$

$$= 22.1 \text{ cm/sec}$$

となる。

先に計算した粒径 0.2 mm の砂の限界流速が 20~23 cm/sec なので、20 cm 以上の流速に対しては砂、貝とも同時に移動させられるものと考えられる。

また、稚貝分布調査で採取された平均殻長 5 mm の稚貝に対しては、 $u=34.9$ cm/sec となる。一般に当年貝の平均的殻長は 3~4 mm で、翌年秋には 10 mm 程度に成長する。しかし、冬期間の成長量はきわめて小さいため、秋期から冬期は稚貝にとって最も減耗を受けやすい時期であり、日本海は特にこの時期に高波が来襲する頻度が多い。

5-2 波浪による移動限界

流況観測期間中の波浪データをもとに、次式による底質の表層、完全移動限界水深を算出した。表-4 にその結果を示す。

表-4 底質の移動限界水深

	表層移動 限界水深 (m)	完全移動 限界水深 (m)
荒天時 ($H_0=2.0$ m)	9.7	5.1
激浪時 ($H_0=6.5$ m)	38.8	23.6

(底質粒径: 0.2 mm について)

係数 α , n は佐藤, 田中の提案値を用いた。

$$Y_i = \alpha \left(\frac{H_0}{L_0} \right) \left(\frac{L_0}{d} \right)^n \dots\dots\dots (7)$$

H : 沖波波高 L : 沖波波長 d : 砂粒粒径

α : 0.741 (表層移動), 0.417 (完全移動)

n : 1/3 (表層移動), 1/3 (完全移動)

また、上式による波高と移動限界水深の一次回帰分析を行った結果を図-13 に示す。

稚貝が底質砂 ($d=0.2$ mm) の表層移動状態で動くものとするれば、水深 -5.0 m および水深 -10 m で移動するのに必要な波高は図-13 より次のとおりである。

- ① 水深 -5 m 限界波高 $H_{1/3} = 1.1$ m (1.9 m)
- ② 水深 -10 m 限界波高 $H_{1/3} = 2.0$ m (3.4 m)

() 内は完全移動を起こす波高

また、10 mm 以上の貝については土木試験所で以前、規則波による貝の移動に関する実験を実施している。

それによると、波浪によって生ずる流速と貝の移動については表-5 のような関係が得られた。

砂れんの有無により流速に差があることがわかる。

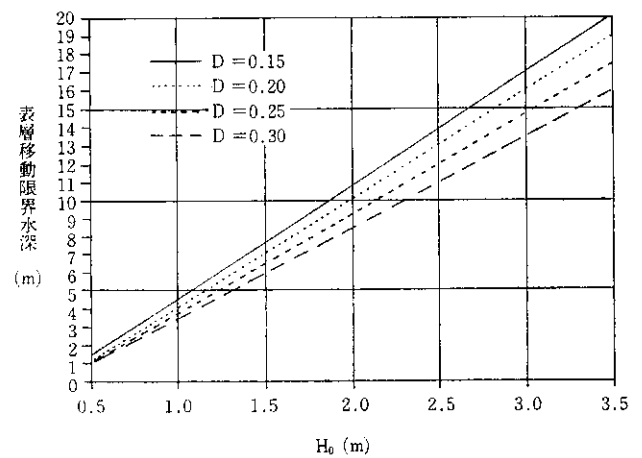
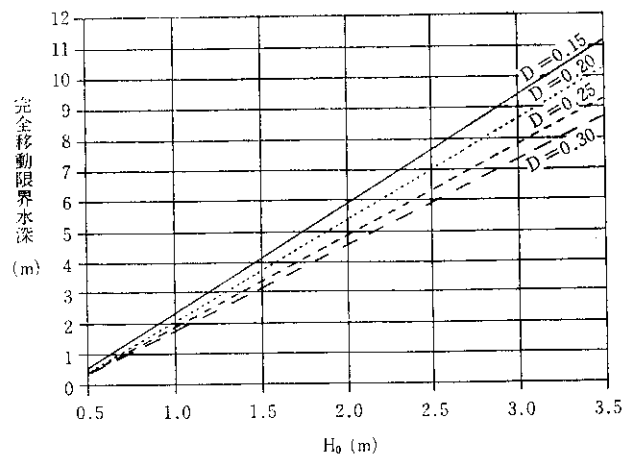


図-13 移動限界水深

表-5 実験による移動限界流速⁷⁾

殻長 (mm)	底面の状態 (cm/sec)	
	砂れんのあるとき	平坦なとき
10	29	17
30	40	28
50	50	38

6. 考 察

5-1 で求めた稚貝の移動限界流速は 20~35 cm/sec であり、流況観測点 St. 2 においてこの流速を発生させる波高は 3. で述べた式より $H_{1/3}=1.0\sim 2.0$ m となる。

観測期間中の波高頻度は $H_{1/3} \geq 1.1$ で 64% である (表-6 参照)。また、波高 1.1 m での砂の表層移動限界水深は -5.0 m であり、波高 2.0 m では -10.0 m となる。

10 月の流況観測期間中波高 2 m を越えた日数は 5 日間あり、また、そのなかで $H_{1/3}=5.0$ m (10 月 17 日) を記録する日もあった。水深 -10 mm 以浅では稚貝を移

表-6 昭和61年10月4日~11月18日の波浪
(日最大有義波による)

波 高 (m)	頻 度 (%)
0~0.5	12.8
0.6~1.0	23.1
1.1~1.5	17.9
1.6~2.0	25.6
2.1~2.5	12.8
2.6以上	7.7

動させる状況は十分であったと考えられる。

また、流況調査の結果によると波高2mが来襲したときの流速は約33 cm/sec (St.2) となっており、流向はS~SWであった。先に限界掃流力から求めた殻長5mm稚貝の移動限界流速は約35 cm/sec (水深-10m)であった。

したがって、波高が2m以上になれば水深-10m付近まで移動状態になり得る。

このように、移動状態となった稚貝はS~SW向きの流れに乗って東防波堤または島防波堤方向に運ばれ、波によって陸に打上げられるか沖方向の流れによってさらに沖に運ばれるものと考えられる。

稚貝の生息分布図からも、水深-10m以浅での減少が顕著である。

したがって、殻長による違いはあるものの稚貝の移動限界流速としては20~35 cm/secが妥当と考えられる。

すなわち、底棲生活に入ってもない状態では流速20 cm/sec, 5mmぐらいに成長した稚貝では流速35 cm/secということになる。いずれも稚貝の多数分布する限界水深-10m以浅での値である。

港湾周辺の漁場形成効果範囲を検討したり、増殖場施設を設計する場合など、水域底面の許容最大流速として上記の値が1つの有効な目安になると考えられる。例えば、稚貝にとって最も移動される可能性の高い秋期から

冬期にかけての異常海象時を想定し、港湾内外の波高分布や波浪による流況シミュレーションを検討することにより、貝の蛸集域や減耗の防止される水域などをおおよそ見当をつけることも可能となる。

7. あとがき

ホッキ貝の移動限界流速について検討を行った結果、目安となる値が得られた。

しかしながら、稚貝の出現分布と流況観測結果とはそれぞれ観測精度の違いもある上、調査頻度の少ない稚貝分布と流れの十分な因果関係を究明することは困難といえる。今後、経済的な生物調査手法の開発が望まれる一方、不確定要素が最後まで残る性質のテーマだけに、安全率的な考え方を適宜取入れることも必要であろう。

本研究に際し、小樽開発建設部小樽港湾建設事務所竹田義則前調査設計係長に協力を受けたこと、データ取りまとめに角木修一研修員の協力を受けたことに対し、深謝する次第である。

なお、本研究は北海道開発局が実施している特定海域沿岸漁場等開発事業推進調査の一部成果であることを付記する。

参 考 文 献

- 1) 早瀬吉雄, 宮本義憲: 海岸構造物によるホッキ貝漁場の形成機構に関する研究—生物・水質学的考察一, 土木試験所月報, No. 386, 1985年7月.
- 2) 西川信良: ホッキガイの生態と資源管理について, 育てる漁業, No. 127, 1983年11月.
- 3) 北海道開発局: 特定海域沿岸漁場等開発事業推進調査報告書, 1986年2月, 1987年2月.
- 4) 小樽開発建設部小樽港湾建設事務所: 昭和61年度石狩湾新港流況調査業務, 1987年1月.
- 5) 梨本勝昭, 小島隆人, 佐藤 修: ウバガイの潜砂行動について, 北大水産彙報, Vol. 37(3), 1986年.
- 6) 堀川清司: 海岸環境工学, 東京大学出版会, p. 148-152, 1985年.
- 7) 渡辺栄一: 波浪によるホッキガイの減耗に関する実験的研究, 土木試験所月報, No. 351, 1982年8月.