

浚渫土砂により形成されたマウンドの 湧昇流発生機構とその魚礁効果

和田耕造*・中島 靖*・梅沢信敏**
武内智行***・桑原伸司****

1. ま え が き

苫小牧港では、昭和36～49年度に西港の航路・泊地の浚渫土砂約2,300万 m^3 を、図-1に示す沖合約7kmの地点に捨てており、水深40～50mのなだらかな勾配の海底に3つのピークを持つ、高さ約20mの土砂マウンドが形成されている。このマウンド周辺の水温や塩分濃度等を調査したところ、海水の鉛直混合が生じており、湧昇流の存在が確認された。

本報告では、この湧昇流が沖捨てマウンドに起因する地形性湧昇流であることを明らかにする。さらに、湧昇流が発生することにより沖捨てマウンドが有する、魚礁としての効果についても考察する。

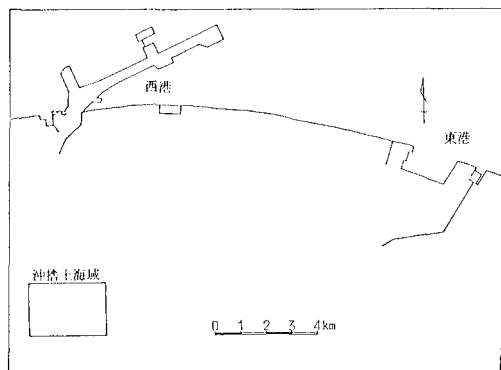


図-1 沖捨て土海域位置図

2. 調査概要

表-1に各調査の工程、図-2, 3に調査位置を示す。

(1) 生態調査

プランクトン調査は、北太平洋標準ネット及び北原式定量ネットに濾過水量計を取り付けたものを、海底上1mから海面まで鉛直引きして試料を採取し、種の分類と個体数の計数を行った。

ベントス調査は、スミスマッキンタイヤー型採泥器で

* 正会員 工修 北海道開発局 苫小牧港湾建設事務所
** 正会員 北海道開発局 開発土木研究所
*** 正会員 農博 北海道開発局 開発土木研究所
**** 正会員 北日本港湾コンサルタント(株)

1地点当たり3回試料を採取し、それを1mmのふるいにかけて選別したものについて種の分類と個体数の計数を行った。

(2) 水質調査

採水した試料について塩分、クロロフィル-a、総窒素、総リン等を測定した。また、調査地点の気温、水温、水深等も測定した。

(3) 流況観測

62年度については、全測点で15昼夜観測を行った。測定層は、点A～Dが上中下の3層、Eが上下の2層、F及びGが底層(海底上1m)である。使用計器は、A～Eがアーンデラー流速計(RCM-4S型)、F及びGが3次元電磁流速計(ACM4M-6型)である。観測インターバルは、A～Eが10分、F及びGは20秒間隔の連続モードとした。

(4) 水温観測

点a～dで、3昼夜連続の同時刻多層水温測定を2回実施した。1回目の測定層は-15～-24.5m、2回目が-25～-34.5mである。ピッチは、1mとした。(ただし、最下点のみ0.5m)使用計器は、アーンデラー多層水温計(TR-1)である。

(5) 漁獲試験調査

マウンドの有無による漁獲量等の差を比較するため、沖捨て海域と対象海域の2ヶ所に長さ150mの刺網を3連ずつ、計6連設置し、漁獲調査を行った。調査は、3日ずつ2回に分けて行い、採取した漁獲物は、種の分類を行った後、体長、体重等を測定した。また、漁業者5家に対し聞き取り調査を行い、6月1ヶ月間の操業実態や、例年の漁場の位置等を把握した。

表-1 各調査の実施日程

項 目	第一回	第二回	第三回
生 態	61.8.8	61.12.12	62.7.13
水 質	61.8.7	61.12.10	62.7.13
流 況	61.8.12～8.28	62.2.9～2.28	62.7.1～7.15
水 温	—	—	62.7.11～7.19
漁 獲			62.6.3～6.5 6.15～6.17

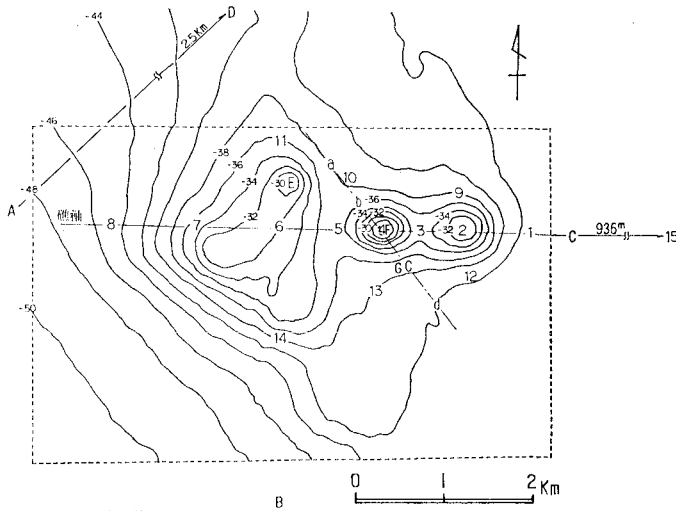


図-2 調査位置

NO.	昭和61年度	昭和62年度
1	ベ・ブ・水	ベ・ブ・水
2	ベ・ブ・水・潮1	"
3	"	"
4	ベ・ブ・水	"
5	ベ・ブ・水・潮1	"
6	ベ・ブ・水	"
7	"	"
8	"	"
9	"	ベ・ブ・水
10	"	"
11	"	"
12	"	"
13	ベ・ブ・水・潮1	"
14	ベ・ブ・水	"
15	潮15	ベ・ブ・水
A~E	---	潮15
F, G	---	潮15
a~d	---	水温(3昼夜)

※ ベ: ベントス 潮1: 潮流(1昼夜)
ブ: プランクトン 潮15: 潮流(15昼夜)
水: 水質

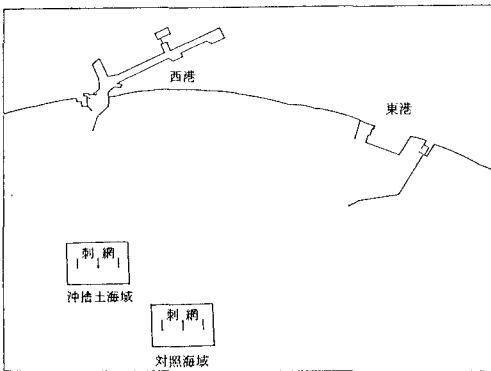


図-3 漁獲試験調査位置

3. 湧昇流の発生機構

(1) 湧昇流の存在

図-4 に、点 a の水温観測結果を示す。図によると 7 月 13 日の昼頃から 14 日の 8 時頃まで、水温が著しく低下している。水温変化は、水深が深い程大きく、最盛期には上層でも水温低下現象が見られる。

13 日の水温低下現象を詳しく見るため、点 a 及び d の -22m 層の観測結果をグラフにしたのが図-5 である。図から、13 日 9 時頃より水温が徐々に低下し始め、17 時頃にピークに達し、その後は再び水温が上昇しているのが分る。水温変化は、最大で 5°C 程度、最も低い観測値は 13°C 以下であった。点 b, c の変化傾向も同様である。

このように急激な水温の変動が起きるのは、下層の冷水塊が上層の水塊と鉛直混合したためと考えられる。海水の鉛直混合は、地形性湧昇流や風、気温の変動、波浪等により生じる。13 日の気象・海象の概況は、風速 0~4 m/s, 気温 14.7~19.6°C, 有義波高 0.6~1.1 m であ

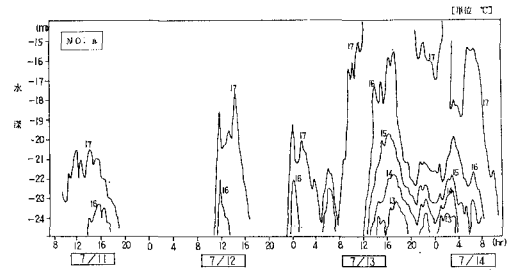


図-4 多層水温計による深度別水温分布

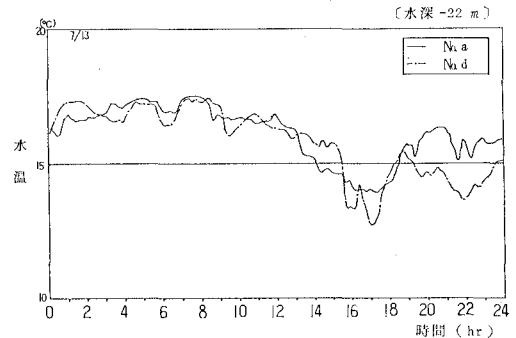


図-5 a 及び d 点の -22 m 層の水温変化

り、いずれも穏やかであった。

従って、13 日の水温低下は、潮流に起因する地形性の湧昇流によるものと判断される。

(2) 地形性湧昇流の発生機構

図-6 に、13 日の下層の流況観測結果を示す。水温が低下し始めた 9 時頃から、低下がピークに達した 17 時頃までの流向は、点 A が北東、B が北東~南東、C が主として北東、D が南東~東北東、E が東~東南東であった。全体的に東流成分が卓越している。17 時を過ぎると東流成分は弱まり、流向が A 点を除いて南に偏していく

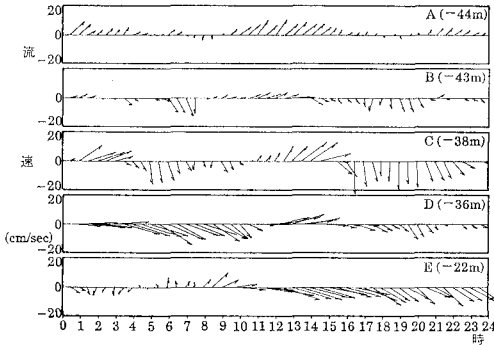


図-6 流況観測結果

る。水温変動が終了した14日8時頃以降の流況は、東西南方向については西流成分が卓越していた。変動前の12日も同様である。このことから、13日に観測された水温低下は、流れの東流成分と関連があるものと推察される。

一方、13日0～9時の点A～Dの流況は、9～17時の間の流況と比較的似ている。にもかかわらず0～9時の間に水温低下が観測されていないのは、E点の流況が9時以前と以後とで異なっているためと考えられる。

E点は、マウンド西側ピークの上にあり、下層の水深が-22mで、これは点A～Dの中層とはほぼ同じである。このため、E点の下層流況は沖撿土海域の中層流況を反映しており、図-6には示していないが、点A～Cの中層流況は、9時以前は比較的弱く、9時頃から東流が現れ、その後東南東～南東の流れとなり、17時頃まで続いている。点Dは、7時まで流れが弱く、7～12時頃まで北東、12時から17時頃まで南東流であった。すなわち、中層流速がある程度大きく、かつ、下層流況と同じく、東西方向では東流成分が卓越している時に水温低下が顕著になっている。

以上から、下層水の上層への移動現象である湧昇流に対して、下層流況が支配的な影響を及ぼすことは無論であるが、湧昇流が十分に発達するためには中層流況も大きく関係してくるものと思われる。

湧昇流の発生機構を明らかにするため、3次元流況シミュレーションを実施した。

計算手法はADI法¹⁾、計算領域は6×6km、格子間隔は水平100m、鉛直5m(9層まで)とした。境界条件は、左辺に直角に34cm/sを与え、右辺は開境界、上辺と下辺は閉境界である。タイムステップは1秒、計算時間は、流況が定常状態に達する4,000秒まで行った。

計算結果を図-7、8に示す。図-7は第6層(-27.5m)の流況平面図、図-8はJ=25の流況断面図である。

図-7によると、流れはマウンドの上を、ピークを迂回するように多少流向を変えながら流れている。図中、

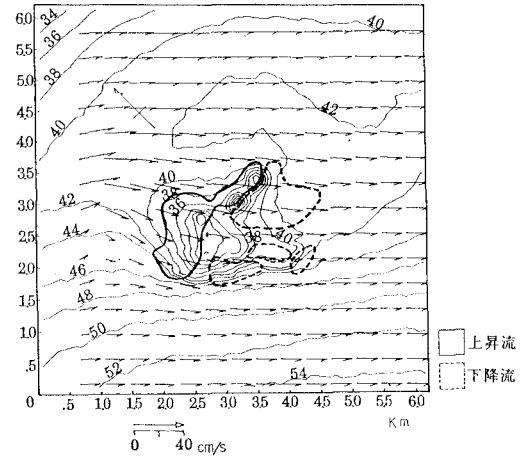


図-7 流況平面図(第6層)

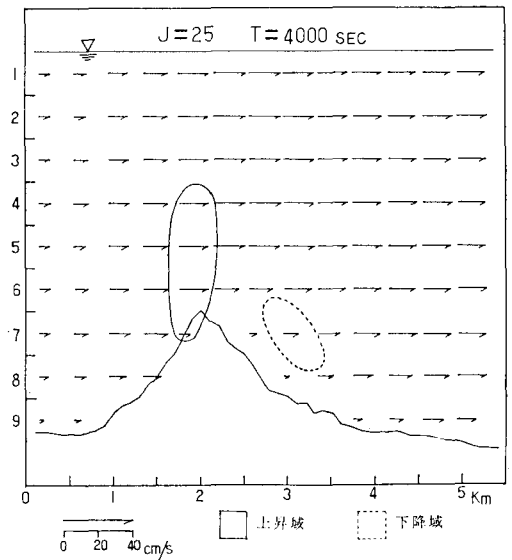


図-8 流況断面図

実線で囲ったのは湧昇域、点線で囲ったのは沈降域であり、その他は水平流である。

湧昇域は、マウンド西側ピークの斜面で広く、ここで発生した湧昇流は、ピークを越えて水平流に移行し、その後下降する。これに対し、マウンド中央及び東側ピークの湧昇域は狭く、また湧昇流は、地形の起伏に沿ってピークを越えた後、すぐ下降流になる。

このシミュレーション結果と、流況観測結果とを併せて、湧昇流の発生機構について考察すると、下層の流れがマウンドの昇り斜面で押し上げられて湧昇流になり、その影響範囲はマウンドの形状や中層の流況によって決まってくるものと考えられる。

次に、鉛直方向の湧昇流の発生範囲については、シミュレーションによれば、図-8に示すとおり、第4層

(-17.5m)までとなっている。湧昇流の上昇角度は、大きくて3度、平均1～2度で非常に緩やかであるが、2度の上昇角度でも500m流下すれば17m上昇することとなり、湧昇流の下流側ではかなり海水の鉛直混合が進むことになる。

図-9は、3次元流況観測結果である。点Fはマウンド中央のピーク、点Gはその南東斜面にある。シミュレーションではFが湧昇域、Gは沈降域であり、計算値と実測値とが逆になっている。

図-10は、7月13日9～11時に実施した水質調査から、水温と塩分濃度の測定結果を示したものである。塩分濃度のコンターは、下層で特に海底地形の凹凸と良く一致しており、下層水が地形に沿って流れていることを裏づけている。また、コンターのピークが下層から上へいくに従ってマウンドピークより右側(東側)へずれているのは、水質調査時刻が湧昇流発生の初期に当たっており、その影響と考えられる。

一方、水温については、図-10では湧昇流の影響は明瞭になっていないが、これは図-5から分るとおり、水質調査を実施した時点では、まだ湧昇流による水温低下が軽微であったためと考えられる。低温の下層水が、湧昇流によって上・中層へと移動するには多少時間がかかるようであるが、水温調査の結果-22m層でも13℃以下の水温が観測されていることから、図-10では少なくとも30m以深にしかない13℃以下の低温水塊が、湧昇流の発達とともに中層へ移動したことは確実

である。

以上、図-10に示した実測結果は、シミュレーション結果等から考察した湧昇流の発生機構に矛盾しないものであった。

なお、今回の調査では東流成分が卓越するときに湧昇流が観測されたが、湧昇流の発生機構から考えると東流以外でも湧昇流が発生するはずである。ただし、西流の場合は水温観測点をマウンドの西側に設ける必要があり、また、南北流については今回の調査期間中のように南北成分がある程度の周期性を持って1日のうちに何回か逆転するため、地点間や上中下層間の流況が一定しない夏期ではなく、南流あるいは北流が1昼夜以上継続することのある冬期に観測する必要があるものと思われる。

4. マウンドの魚礁効果

図-11, 12に植物プランクトンおよびベントスの調査結果を示す。

植物プランクトンの個体数を62年7月のデータによりマウンドの内外について比較すると、マウンドのピークに位置する点②、④、⑥はマウンド外の点⑮より多く、マウンドの谷に位置する点①、③、⑤は同程度である。マウンドのピークは湧昇流が発達するため栄養塩類が多くなるが、これが植物プランクトンの個体数に関係しているものと思われる。

ベントスについては、個体数は点⑮の方が多いが、環形動物の優占度が高く、生物相の多様さではマウンド内の方が優っている。

次に、漁獲調査試験結果を図-13に示す。図によればカジカ類、カニ類、ウニ類は沖捨て区の方がかなり漁獲量が多い。

しかし、苫小牧海域の重要な漁業資源であるカレイ類は、対象区の方が多かった。漁家からの聞き取りでは、

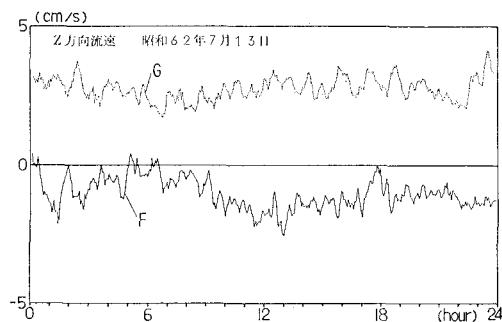


図-9 3次元流況観測結果

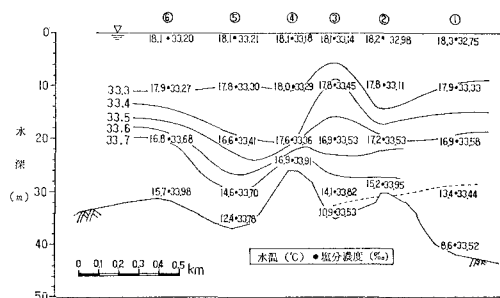


図-10 水質調査結果

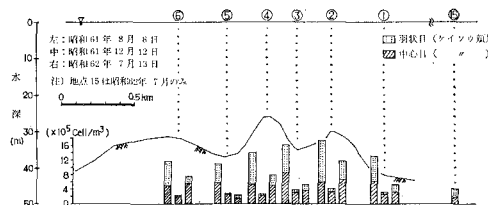


図-11 植物プランクトン調査結果

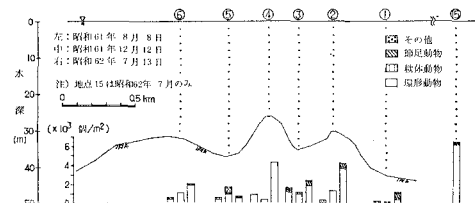


図-13 ベントス調査結果

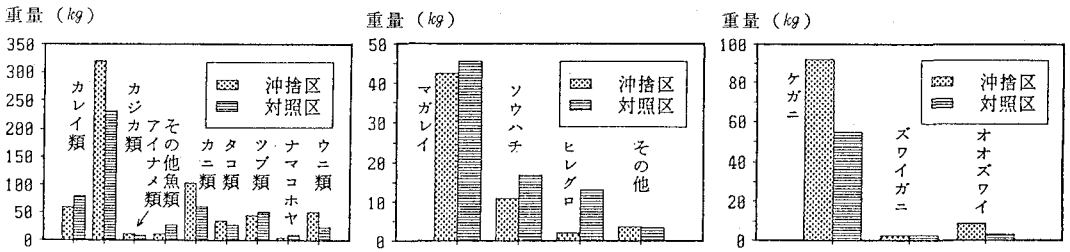


図-13 漁獲試験調査結果

沖捨て区は例年5～6月にマガレイの好漁場になるということであり、当然カレイ類の漁獲量は多いものと予想していたが、62年は沖捨て区にオオズワイガニが大量に出現し、これによる漁網被害を避けるため調査時期を遅らせた。これが、漁獲量に影響した可能性もある。

一方、カレイと並んで重要なケガニ類については沖捨て区の方が多かった。また、ベントス調査結果によると5～7mmの稚ガニが1m²当たり3～27個体、マウンドの頂上付近で見ついている。エリモ以西で着底初期の稚ガニが見つかったのは初めてである。一般にケガニの浮遊幼生が高密度に分布するのは、水深50m程度の海域では、地形性湧昇流や沈降流によって起こる水塊の乱れが大きな要因となる²⁾とされており、マウンドはケガニの幼生の蛸集、稚ガニの成育場所としての機能を有していると考えられる。

6. 結 語

本報告の主要な結論をまとめると、次のとおりである。

- ① 水深40～50mの海底に浚渫土砂を投入して高さ20m程度のなだらかな傾斜を持つマウンドを形成すると、そこで流況により地形性湧昇流が発生する。
- ② 湧昇流は、下層の栄養塩類を上層へ供給することにより、プランクトンの増殖に好影響を与える。
- ③ 沖捨てマウンドは、ケガニの稚子が成育する場となっており、魚礁としての効果が認められる。

参 考 文 献

- 1) 村上和男・森川雅行・堀江 毅: ADI法による高潮の数値計算法, 港湾技研資料, No. 529, 1985.
- 2) 北海道: 厚岸周辺海域総合開発調査報告書, 1981.