

II-31

海面設置型ウニ高密度飼育施設内の環境とウニの動態

北日本港湾コンサルタント(株)	正 員	清野 克徳
北海道開発局開発土木研究所		北原 繁志
北海道開発局開発土木研究所	正 員	谷野 賢二
北海道開発局開発土木研究所		伊東 公人
北日本港湾コンサルタント(株)	正 員	桑原 伸司
北海道開発局農業水産部水産課		中内 勲

1. はじめに

近年、北海道の日本海沿岸では長期間にわたって磯焼け現象が見られ、沿岸漁業に深刻な影響を与えている。その原因としては、気象・海象等の環境の変化、無節石灰藻の繁茂による着定基質の占有、ウニ、アワビ等の植食動物の食害等が挙げられる。その中でもウニ類の過剰な摂餌圧は、海藻群落に大きな脅威となっており、磯焼け現象の大きな要因と考えられている。その対策として、ウニを排除し、摂餌圧を低減させることによって海藻類の再生を図り、かつ、水産資源として重要なウニの有効活用を図るための方策が考えられている。そこで筆者らは、防波堤に生け簀を付設し、波浪エネルギーを利用して生け簀内部の海水交換を行い、排除したウニを高密度で育成・管理する新形式の海洋構造物（以下、「ウニ高密度飼育施設」図-1参照）を考案した。

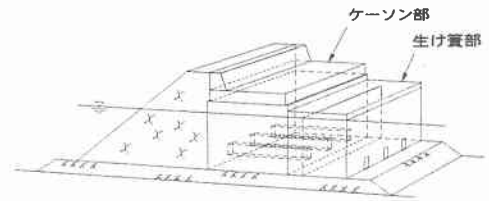


図-1 ウニ高密度飼育施設概念図

本施設に関する研究は、平成7年度に室内模型実験により海水導入量を把握し、平成8年度には、実際の構造物スケールの実験堤体を製作してキタムラサキウニ（以下、ウニ）を放流し、生け簀内の海水循環状況やウニの行動特性、残餌及び排泄物の移動状況等について実験を行った。本論では、この生け簀内の環境とその中で飼育されるウニの行動特性について報告する。

ウニ高密度飼育施設の基本原理は、前面の波浪を通水管を通して生け簀内に導入するものである。本施設の特徴として、海水導入のための通水管からの噴流による生け簀内の生物への影響を低減するため、生け簀内に遊水部を設け、海水は遊水部の隔壁を越流させる構造とした。

本実験堤体は、ウニの行動特性を把握する目的から、図-2に示す実構造物スケール(1:1)とした。堤体構造は、実際の構造物ではコンクリート製となることを考慮して、鉄骨で枠組みした内側にコンクリートパネルを張り付けた。これにより生け簀内部はコンクリート面を有し、付着面形状の影響を排除した。隔壁の天端は、図-3に示すとおり平均水面とした。なお、コンクリートパネルは、一時的に型枠はく離剤やアルカリの溶出がウニの行動に対して影響を与える可能性が考えられたため、現地設置後14日間海水にさらした。

2. 現地実験

本実験は、平成8年8月19日～9月15日の期間において、小樽港港内の静穏な場所に実験堤体を設置して行った。

2.1 実験堤体

堤体底面の残餌処理溝は、溝型形状（矩形断面）とした。底版は残餌処理溝へ、残餌処理溝は隔壁から排出口に向かってそれぞれ勾配を設け、残餌等の排出を促すようにした。また、ウニを高密度で飼育

Behavior of Sea Urchin with High Population Density in Aquaculture Facilities.

by Katsunori SEINO, Shigeshi KITAHARA, Kenji YANO, Kimihito ITO, Shinji KUWABARA and Isao NAKAUCHI

するための着定基質は、乳白色の塩ビ製の波板を用いて、図-4に示す波の大きさの異なる2種類製作した。着定基質は吊り下げ方式とし、下部には重りを付けて底面に接する構造とした。

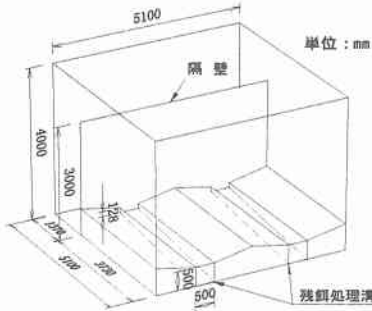


図-2 現地実験堤体

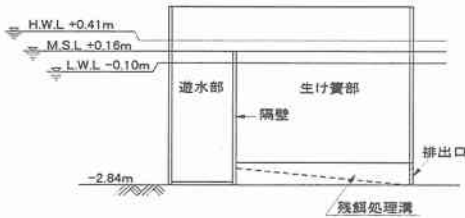


図-3 堤体断面図

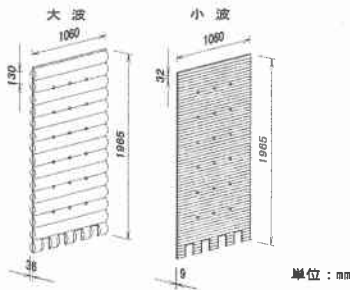


図-4 着定基質の形状

2.2 実験内容

(1) 設定流量と実験ケース

実験での海水交換は、水中ポンプを用いて海水を遊水部に強制的に流入させ、越流によって生け簀内に導入する方法とした。実験に用いた流量は、表-1に示す3ケースとした。なお、各流量に対する実海域での波高との関係は、平成7年度の模型実験結果から推定し、あわせて同表に整理した。

また、実験ケースは、流量3ケースに対して着定基質を設置した場合と設置しない場合の合計6ケースとした。

表-1 設定流量と推定波高

ケース	設定流量 (m^3/min)	波高 $H_{1/3}$ (m)	
		周期 8.0 秒	周期 9.0 秒
1	1.6	1.51	1.28
2	3.2	1.95	1.75
3	5.3	2.35	2.20

(2) 流速分布測定

生け簀内の海水循環状況を把握するため、3次元超音波ドップラー流速計を用いて測定を行った。流速測定は、1ヵ所あたり x, y, z の3成分について、1成分につきカプリング周波数 2Hz で 40 個のデータを平均して求めた。

着定基質の配置状況を図-5に示す。

測定点は、上層(底版上 2.00m)、中層(底版上 1.25m)、下層(底版上 0.50m)の3層に分け、着定基質を設置しない場合が、33点×3層=99測点、着定基質を設置した場合が、31点×3層=93測点、また、それぞれに残餌処理溝内で7点×2処理溝=14測点とした。

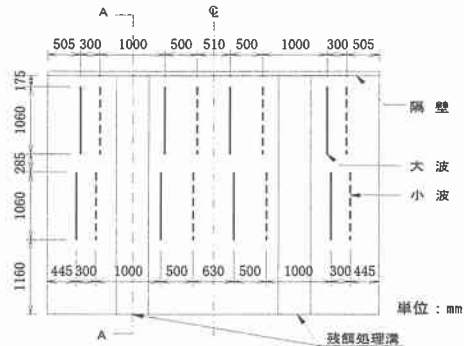


図-5 着定基質配置図

(3) ウニの個体測定

実験に用いたウニは、小樽市平磯地先で採取したものを使用し、これらについて、年齢は、本実験前1回、殻径、湿重量及び生殖巣重量は本実験前と各行動観察ケースごとに測定した。

(4) ウニの行動観察

生け簀内の物理環境(流れ、着定基質)に対する

ウニの行動特性を把握するため、水中ビデオカメラを用いて、44時間にわたり（数時間ごとの観察）ウニの行動を記録した。実験は、生け簀内にウニ 700 個を放流し、3 日間無給餌状態で馴致させたのちに行った。また、24 時間経過後、ホソメコンブ（以下、コンブ）を給餌し、摂餌状況を観察した。

餌料用コンブは、図-6 に示すように数本づつロープで縛って、その全長が 2m 程度になるように調整し、ロープ先端には重りを付けた。

給餌方法は、あらかじめ湿重量を測定した餌料を、図-7 に示すように着定基質を設置する場合は基質の両側に吊り下げ、底面に 50~60cm 程度横たわるように 16ヶ所、設置しない場合は、生け簀の側壁と中央部に合計 10ヶ所吊り下げた。

実験の手順は、以下のとおりである。

- ①着定基質を設置しない場合は、ウニを底版の中央部に集めて実験を開始する。基質を設置する場合は、基質への付着状況を把握するため、底面に均等に散布する。
- ②実験開始時刻は 16 時とし、まず無給餌で 24 時間観察する。観察時刻は、16 時、18 時、21 時、24 時 6 時、12 時の 6 回とする。
- ③ 24 時間経過後の 16 時に給餌を行い、観察時刻は、16 時、19 時、24 時、3 時、9 時、12 時の 6 回とする。なお、観察終了後ただちにコンブを引き上げ、湿重量を測定して摂餌量を求める。
- ④流量、着定基質の有無を変更し、①~③の作業を繰り返す。

3. 生け簀内の流速分布

図-8 は、生け簀内の流況の一例として、着定基質を設置した場合と設置しない場合のケース 3 について、図-5 に示す A-A 断面での流速ベクトルを示したものである。

生け簀内の流速は、着定基質の有無に係わらず、流量に比例してケース 1 < ケース 2 < ケース 3 の順に早くなっていた。着定基質を設置した場合は、基質が流れの抵抗となって、設置しない場合と比較して流速が遅くなっている。流れの状況は、流量の多いケース 2 とケース 3 において、図-8 に見られるような上層と下層の流向が反対になる対流が発生している。この対流は、残餌等の排出を妨げるもの

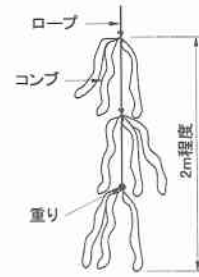


図-6 餌料用コンブ

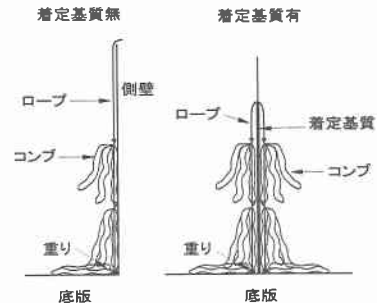


図-7 給餌方法

である。残餌等は、隔壁の下部や残餌処理溝中央部から隔壁側に多く堆積しており、残餌等を効率的に排出させるためには、底面において隔壁側から排出口方向に流れを発生させる工夫が不可欠であり、今後の課題の一つである。

4. ウニの行動特性

(1) ウニの個体特性

ウニの平均年齢は 4.7 歳で、5 歳のものが 57% を占めていた。平均殻径は 55 mm で、52 mm ~ 57 mm が 60%、平均湿重量は 70.9 g で、60g ~ 70g が 50% を占めていた。また、平均生殖巣重量は 16.3g、平均生殖巣指数は 22.7% で、18% ~ 26% が 80% を占めていた。このことから、本実験で用いたウニは十分に成熟した状態であったといえる。なお、実験終了後における測定においても湿重量、生殖巣指数に変化はなく、実験中の生殖巣の放出は行われなかった。

(2) 付着場所と流れの関係

ウニの付着場所は、側壁や残餌処理溝に多数分布しており、底版に留まる個体は少なかった。図-9 は、着定基質を設置しない場合のウニの付着面別の個数比率を時系列で表したものである。なお、残餌処理溝については、水平面、垂直面に分類して加算

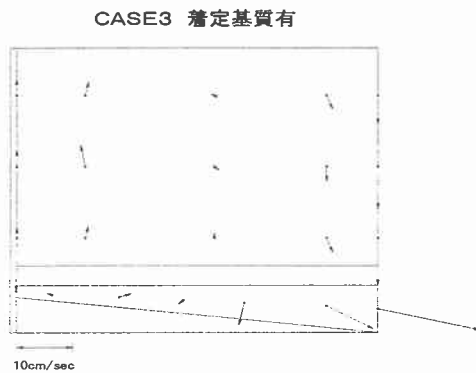
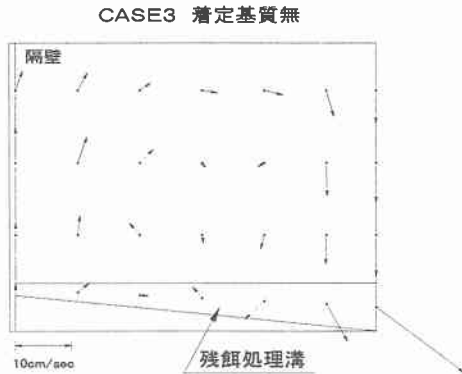


図-8 流速ベクトル図

している。これによると、8割から9割程度のウニが垂直面に付着しており、水平面に付着するものは少なかった。これは、基質を設置した場合も同様な傾向であった。このことから、ウニは水平面ではなく、垂直面を好むことが確認された。また、移動時間は、流速に比例してケース3が最も早くなっている。これは、ウニの行動が流速に深く関与しているためと考えられる。なお、着定基質を設置した場合は、観測開始時にウニを底面に散布したことから、移動時間の評価については除外した。

(3) 流れとウニの行動

図-10は、着定基質を設置しない場合の44時間後のウニの分布状況を展開図に表したものである。これによると、流速の増加にともなって、分布場所が排水口側壁、残餌処理溝、隔壁と移動している。

図-11は、壁面近傍流速とその流速を持つ壁面積との関係を表したものである。これによると、着

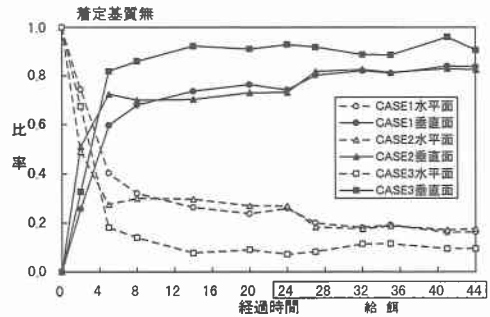


図-9 付着面別個数比率と経過時間

定基質を設置しない場合は、ケース1、2では流速1cm/sec以下の壁面が多く、ケース3では4cm/secの壁面が多くなっている。

図-12は、ウニの付着場所の流速と単位面積当たりに換算したウニの個数の関係を示したものである。これを見ると、ウニは流速が2~3cm/sec付近の付着面に多く分布している。

以上のことから、分布は流速に依存し、ウニは2~3cm/secの流速に集積することが判明した。これは、流れが停滞した場所では酸欠状態となるため、酸素量がある程度供給される適度な流速を好んだものと考えられる。なお、着定基質を設置した場合は、明確な傾向は見られなかった。これは、基質を設置したことにより、行動が制限されたためと考えられる。

(4) 着定基質の形状と配置間隔の関係

図-13は、着定基質に付着していたウニの個数を大波と小波の形状別に比較したものである。これによると、7割から8割程度が大波に付着していた。これは、図-14に示すように、小波では波の形状がウニの殻径に対して小さく、付着面が不安定となるため敬遠したと考えられる。このことから、基質の形状は、個体が隠れる程度の大きさの凹凸が必要と考えられる。

また、陰影の差によるウニの付着度合いを把握するため、基質の配置間隔を変えて行ったが、本実験では明確な差は確認されなかった。

図-15は、着定基質を設置した場合のケース3における場所別分布比率を示したものである。これによると、着定基質は垂直面であるがウニの付着は少なく、ほとんどが生け簀のコンクリート面に付着

していた。この大きな要因としては、流れや基質の動揺が考えられる。このうち、流れについては、図-11をみると基質を設置した場合のケース2,3では、流速2cm/secが卓越し、ウニが蛸集しやすい流速となっている。したがって、動揺が大きな要因であったと考えられ、着定基質は、動揺の少ない構造とする必要がある。

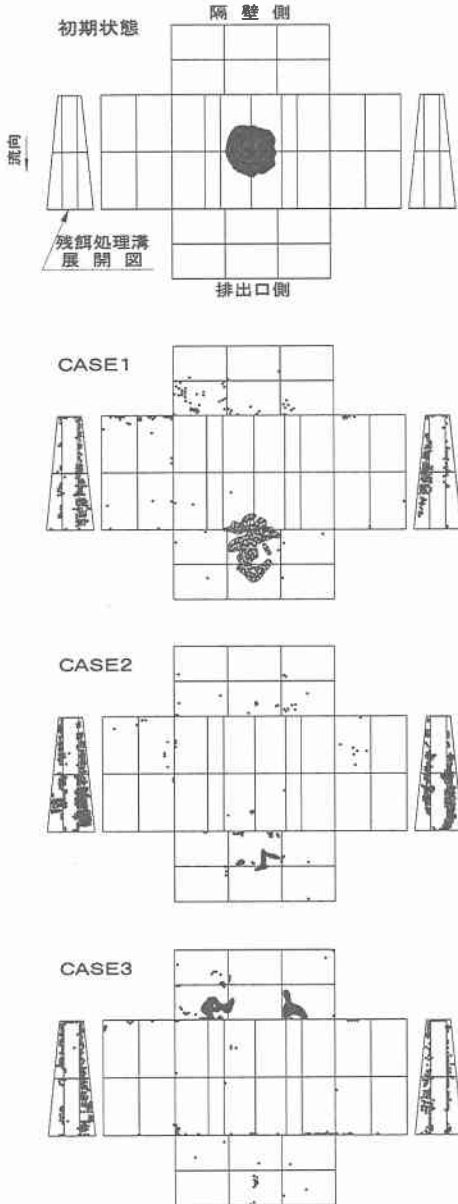


図-10 ウニの分布状況 (44時間後)

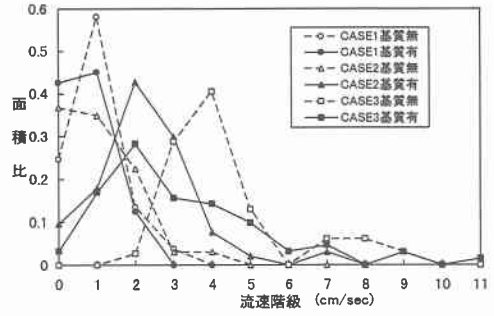


図-11 流速と壁面積比

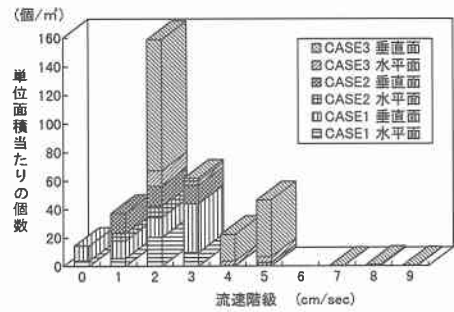


図-12 流速とウニの単位面積当たり個数

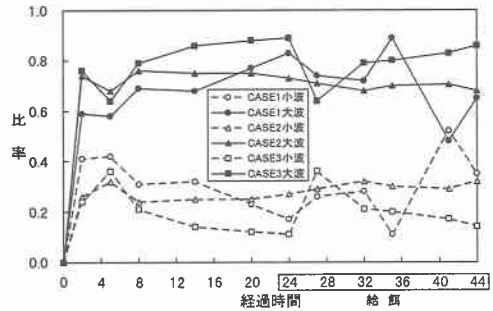


図-13 着定基質形状別の分布比率

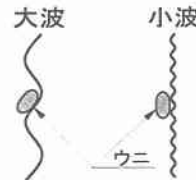


図-14 着定基質の付着状況

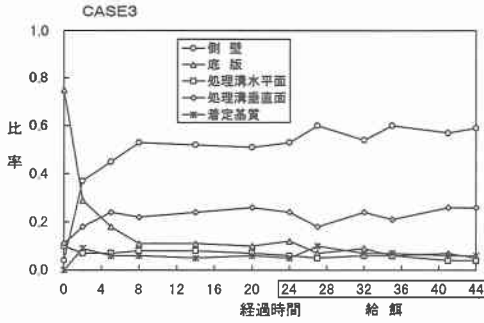


図-1 5 場所別分布比率

(5) 摂餌行動

図-1 6は、ケース別の摂餌量を示したものである。ケース別の総摂餌量は、1,800g~2,800gであり、これから単純に全体個数1個当りの摂餌量を求めると1.3g/日~2.0g/日となる。しかし、この時期のウニの摂餌量は、5歳で5.6g/日¹⁾といわれており、この値と比べると少なくなっていた。これは、生殖巣の放出期²⁾であったことと摂餌時間が20時間と短時間であったためと考えられる。また、摂餌量と着定基質の関係は、基質を設置した方がケース3を除いて多くなっている。このことから、ウニは分散放流し、着定基質を設置して小分けに給餌を行うことが給餌効率を高めるために有効と考えられる。

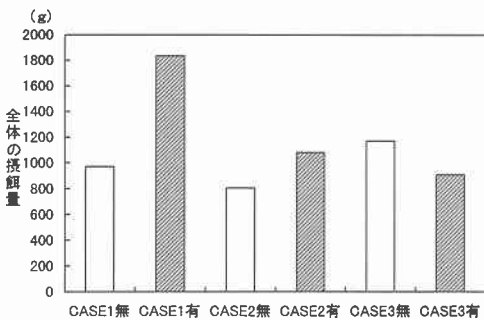


図-1 6 ケース別基質別の摂餌量

5. まとめ

ウニ高密度飼育施設の基本的な水理特性をモデル実験と現地実験により把握するとともに、施設内におけるウニの行動特性を調べるため現地実験を行った。本実験で得られた主要な結論は以下のとおりである。

①ウニは水平面より垂直面を好む。

②ウニが蟻集する流速は、2cm/sec~3cm/secである。

③ウニをより多く定着させる着定基質の凹凸は、ウニの殻径以上の大きさが必要である。

④着定基質は、動揺しない構造とする必要がある。

⑤給餌は、着定基質を設置して、分散させて行う方が効果的である。

今後の課題としては、残餌や排泄物を効果的に排出させるための流れの発生方法と着定基質の固定方法について工夫する必要がある、現在検討中である。

謝辞

本研究にあたり、実験施設の設置と管理に多大なご協力をいただいた北海道開発局小樽港湾建設事務所の皆様、本実験にあたってご助言を頂いた北海道水産部漁政課松山恵二氏、全先清通氏に深く感謝を申し上げます。

参考文献

- 1) 水産庁振興部開発課：増殖場造成計画事例集(ウニ編)，平成2年3月水産庁振興部開発課技術資料 No. 3, 1991
- 2) 吾妻行雄・松山恵二・中多章文：北海道忍路湾におけるキタムラサキウニの摂食活動の季節変化，Nippon Suisan Gakkaishi，1996