

磯場の袋間を利用した増養殖水面の水理特性について

Hydraulic characteristics of aquacultural pond to be utilized open spaces along shore platform

佐藤 仁*・明田 定満*・谷野 賢二*

Jin Satoh, Sadamitsu Akeda and Kenji Yano

Abstract

Study on the control of environmental conditions has been carried out to enhance fishery productivities as such sea urchin, abalone and others. The open spaces along shore platform of the Japan Sea is selected as one of grounds to develop for aquacultural pond.

Hydraulic model tests, numerical simulations by time-dependent mild slope equation method were carried out to plan optimum layouts of breakwaters for favorable conditions of aquatic organisms in aquacultural pond.

Keywords : Aquacultural pond, Control of environmental conditions

Time-dependent mild slope equation method, Sea urchin

1. はじめに

北海道日本海沿岸域で進行している磯焼け対策として、磯焼けの原因の1つであるウニの摂餌圧を低減させるために、磯根に高密度に分布しているウニの排除が有効であることが実証されている。そこで、排除すべきウニを、同沿岸域に多数点在する平磯場を利用して集中的に給餌養殖することにより、生産性の低い日本海沿岸域の平磯を高度に利用しようとする方策が提案されている。しかしながら、平磯場には増養殖に適する静穏な磯場が少なく、自然のままでは増養殖場としての利用が困難なため、ウニの生育に適した波浪制御が必要となる。また海面を利用した増養殖場においてウニを養殖する場合には、摂餌環境の制限要因として前述の波のほか、流れ・水温・塩分・水質等があげられる。これら環境要因のうち、水温・塩分の適正值については各生物種ごとに把握^{1) 2) 3)}されているが、波浪等の影響については殆ど説明されていないのが現状である。

平磯場に多数点在する「袋間」(図-1参照)を養殖場として整備、利用するためには、前述の課題を解決する必要があるが、本研究では、それらの検討項目のうち、波浪制御を取り上げ、袋間前面に設置する消波堤の規模配置条件と袋間内静穏度との関連を水理模型実験および非定常緩勾配方程式を用いた数値計算によって検討したものである。

2. 平磯場を利用した増養殖水面

磯場の岩礁域にできた水面をコンブ・ウニ・アワビなど磯根資源生物の増養殖場として利用する利点としては次のようにあげられる。

- 天然の袋間を養殖水面として利用でき、静穏域を確保しやすい。
- 夏期の高水温や水質悪化を防ぐために自然の岩礁域の地形を利用したり、岩礁を掘削して溝をつくることによって外海との海水交換を促すことができる。
- 陸上から直接、沖から獲ったウニ・アワビの移植や種苗生産した稚ウニ・アワビの稚貝の放流、給餌作業や水揚げなどが容易に行うことができ集中管理がしやすい。

増養殖場として整備する方法についてはいくつか考えられるが、主に図-2のような方法があげられる。

①の方法は、自然の磯場地形が形成した水面を利用したもので、そこに栈橋等を設置することにより給餌作業



図-1 「袋間」の例(北海道松前町札前地先)

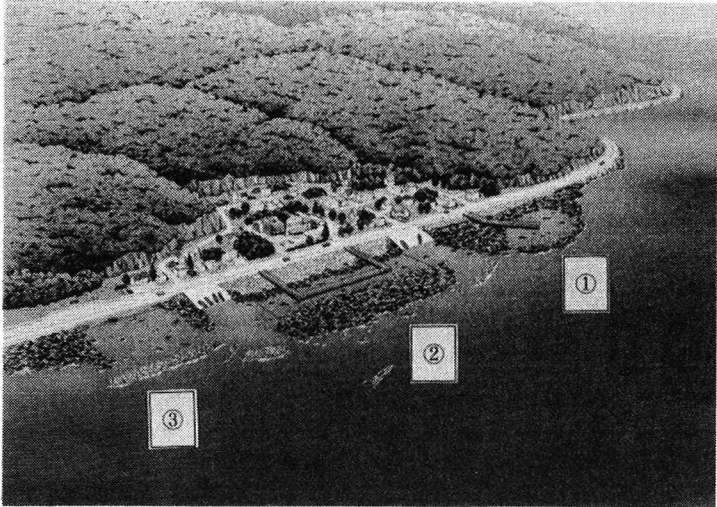
* 正会員 北海道開発局開発土木研究所水産土木研究室 (062 札幌市豊平区平岸1条3丁目)

等がしやすいように整備したものである。水面内はウニやアワビが生息しやすいように掘削や転石・ブロック等で凹凸を設けてやるのが良い。

②の方法は、比較的平磯が広く分布しているところにおいて、これを掘削して溝をつくることによってできた水面において増養殖を行うものである。このケースにおいても、溝の部分に栈橋を架けることによって給餌等の作業ができるようにしている。このような養殖溝を作る場合には、高水温や水質の悪化を防ぐために海水の流動を促進して海水交換を行う工夫が必要である。

③の方法は、護岸を低反射型のスリット形式の直立消波構造とし、さらに護岸の越波防止策として沖合いに消波堤を設置することによって、中間にできる遊水面を増養殖場として利用する方法である。これは、あくまで護岸の整備が主体ではあるが、これを副次的に増養殖場として利用するものである。

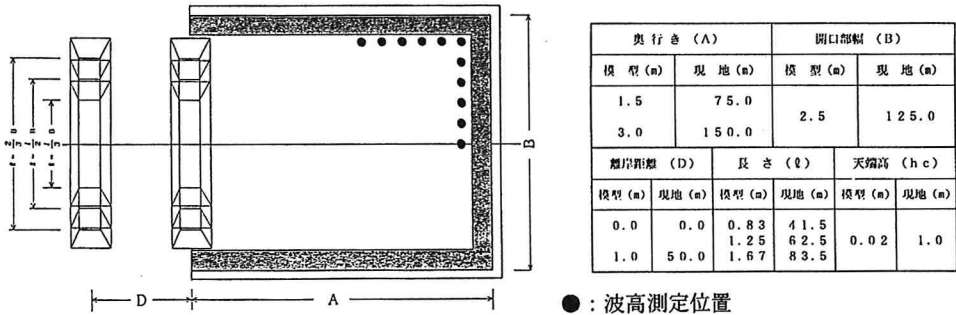
平磯が比較的広く分布している場所においては、①や②の方法が整備手法として有効である。また、平磯が無い場所においては、③の様に増養殖水面を人工的に作り出して造成する手法が考えられる。



図－２ 磯場を利用した増養殖場のイメージ図

3. 水理模型実験による袋間内の静穏度

実験は、平面水槽にフルード相似則による縮尺1／50の模型を製作して行った。水路勾配は1／25とし袋間部分は水深10cmの一樣水深とした。造波機は反射吸収式不規則波造波装置3台（造波板延長7.5m）を使用している。袋間および消波堤は図－3に示すような構造・配置を設定した。袋間は、モルタル製のブロックで基本的な矩形の形を作り袋間周辺部分は碎石を盛ることによって磯場の平磯を再現した。模型の袋間内は、側壁が直立壁になるため反射率が実際の袋間内と異なると考えられる。そこで実際の袋間の反射率を $K_R \approx 0.7$ と仮定し模型ではヘチマロンおよび碎石で反射率を調整した。袋間の形状は開口部幅（B）を2.5mで固定し袋間の奥行き（A）は3.0mと1.5mの2種類とした。袋間前面に配置する消波堤は、重量約200g（現地換算約25ton）のテトラポッドを使用し、天端は3個並び、天端高（hc）は一般的な離岸堤の築造基準^{4）}に基づき静水面＋1.5mに設定した。消波堤の長さ（ℓ）は袋間の開口部幅Bに対して1／3B（0.83m），1／2B（1.25m），2／3B（1.67m）の3通りとし、離岸距離（D）は0m（袋間口）と1.0mの2通りを設定した。



図－３ 実験模型

増養殖場内の静穏度を決定する条件としては、①ウニの養殖は約1年ほど行って出荷するので、1～3年確率波程度の波浪に対してウニに被害が生じない程度の静穏性が確保されること、②増養殖場内に設置した転石は、上述の波浪が転倒、移動限界となることと考えられる。そこで、日本海側の数地点において算出した1～3年確率波の値を波浪条件とした。なお、この波浪条件の考え方は増養殖場内の静穏度を考える場合のものであり、消波施設の安定性等を検討する際には別途、考慮する必要がある。波浪条件を表-1に示す。

表-1 波浪条件

有義波高		有義波周期	
現地 (m)	模型 (sec)	現地 (m)	模型 (sec)
3.0	6.0	8.0	1.13
3.6	7.2	9.0	1.27
5.0	10.0	10.0	1.41

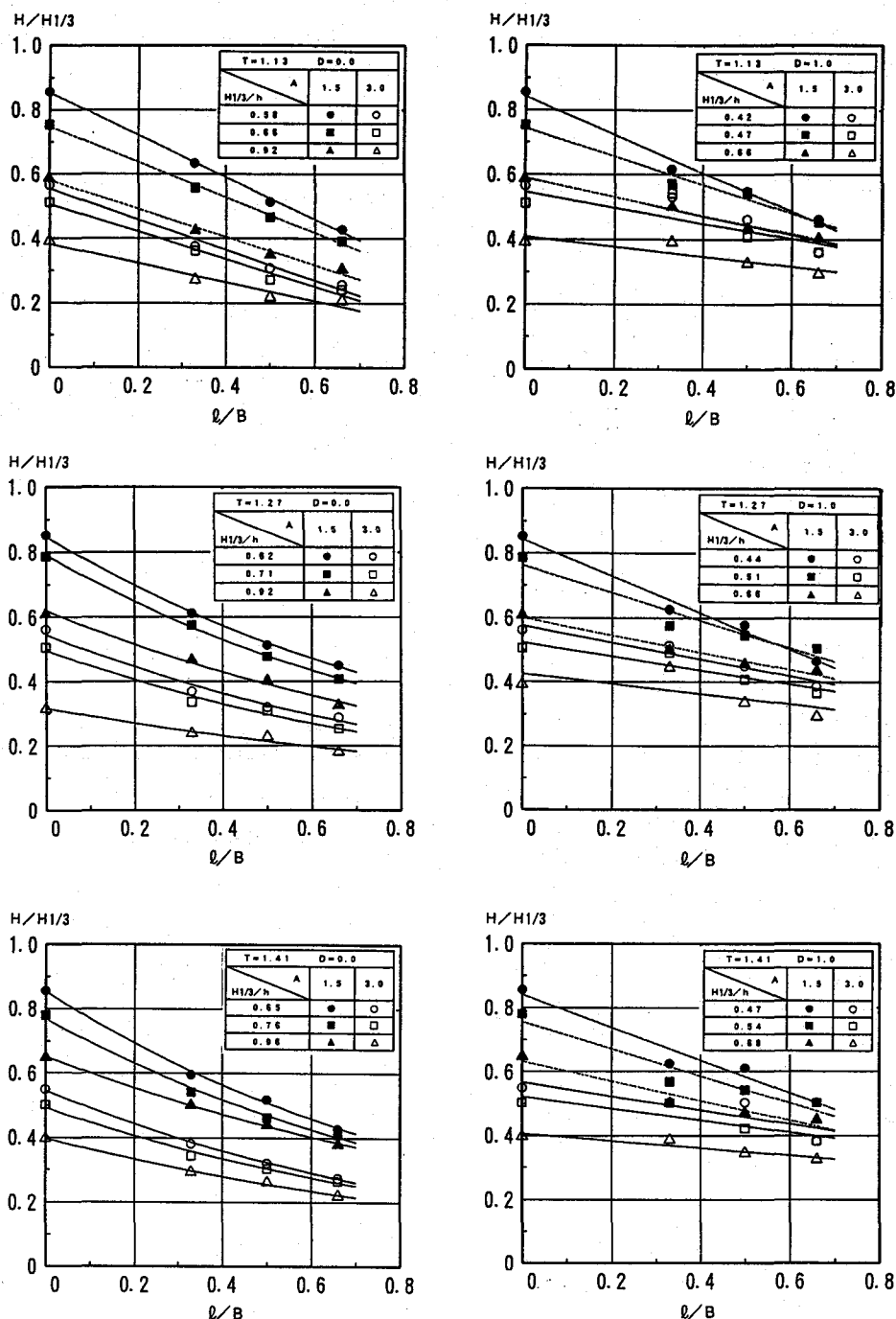


図-4 袋間内の波高比

実験波は全て不規則波を用い、スペクトル形はブレッドシュナイダー光易型とした。波高は図-3に示す1.1地点における波高データの1/3最大波の平均値を各ケースにおける代表値として整理した。測定は各ケースとも測定点に反射波が到達して水路内が定常になる約60秒後から開始して240波以上をサンプリングして解析を行った。以上のような方法で、袋間前面に設置する消波堤の構造(消波堤の長さ)・配置(離岸距離)の違いによる袋間内の静穏度の特性を求めた。

図-4は、各周期において袋間や消波堤の形状を変化させたときの袋間内の波高の変化を表したものである。図の横軸は消波堤の長さ(l)を袋間の開口部幅(B)で除して無次元化したものであり、縦軸は袋間内の代表波高(H)を消波堤設置位置での波高の有義値($H_{1/3}$)で除して無次元化した波高比をとっている。なお、図中の波高水深比($H_{1/3}/h$)は消波堤設置位置での値である。消波堤を設置しない場合でも砕波や袋間側壁による波浪エネルギーの減衰から波高比が下がっているが、消波堤を設置することによってさらに袋間内の静穏度が向上している。周期が一定の場合、消波堤の長さによる波高減衰はほぼ同じ割合で減衰している。消波堤の位置による違いは、袋間に近い方がその割合は大きくなっている。また、周期が長いときにおいて l/B を大きくしていても波高減衰の割合が他に比べて低下しているのは、長周期ほど消波堤の波高伝達率が高くなるためと考えられる。

4. 非定常緩勾配方程式を用いた数値計算

磯場の袋間内の波高分布を数値計算によって求め、模型実験の結果との整合性について検討を行った。数値計算は対象となる磯場の袋間が砕波帯内であることから、この砕波帯内の波浪場において屈折・回折・浅水変形などに加えて砕波変形・底面摩擦も考慮できる非定常緩勾配方程式^{5) 6)}による数値計算を行った。

計算のケースは模型実験のケースの内、表-2に示すタイプのもをを設定した。なお、実験ケースにはないが $l = 0.5$ mを追加して計算した。波浪条件は $H = 6.0$ cm, $T = 1.14$ secの不規則波1種類のみを行った。不規則波の計算には、まず不規則波を3種類の周波数成分波($T = 1.16, 1.41, 1.66$ sec)に分け、各成分波ごとに水面変動 ζ と線流量 Q の計算を行い、3つの成分波の ζ と Q を合成して行った。境界条件は、袋間の側壁を反射率 $K_R = 0.7$ 、袋間周辺の岩礁帯は $K_R = 0.1$ に設定した。前面に配置する消波堤の構造は模型実験では傾斜堤であったが、計算では図-5に示すように幅15 cmの直立の透過性構造物とし反射率 $K_R = 0.5$ 、透過率 $K_T = 0.5$ に設定した。この消波堤の境界における計算は、任意の反射率および透過率を与えた防波堤に対する数値計算の方法⁷⁾を用いた。

以上の計算条件によって計算した袋間内の波高分布を図-6に示す。図は $D = 1.0$ m, $l = 1.67$ mのときの波高分布を表しており図中の数値は波高(m)を表している。消波堤の両端では波が回折しており、その影響で袋間口の両端では波高が高くなっている。しかし、袋間の奥へ行くにしたがって側壁および底面摩擦の影響を受けて波高が減衰して静穏になっているのが表れている。

この計算結果から、袋間内の波高比の変化を模型実験の値と比較したものを図-7に示す。図は

表-2 計算ケース

波高(cm)	周期(sec)	袋間奥行き A (m)	離岸距離 D (m)	消波堤長さ l (m)
6.0	1.41	3.0	0.0 1.0	0.0
				0.5
				0.83
				1.25
				1.67

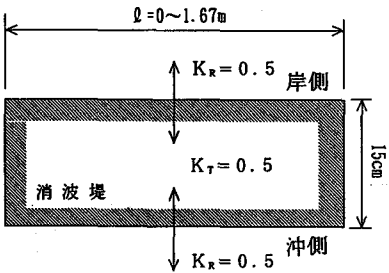


図-5 消波堤の境界条件

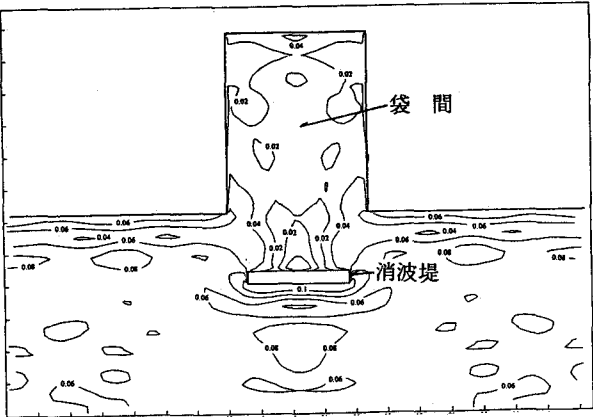


図-6 袋間の波高分布 ($D = 1.0$, $l = 1.67$)

横軸に l/B ，縦軸は模型実験での波高測定位置と同じ位置の波高を抽出して平均した値 (H) を消波堤前面位置での波高 ($H_{1/3}$) で無次元化した値をとった。 $D = 0, 1.0$ m の両タイプとも模型実験とほぼ一致した波高減衰傾向を表しており、磯場の袋間内の静穏度は数値計算によってもとめられることがわかった。

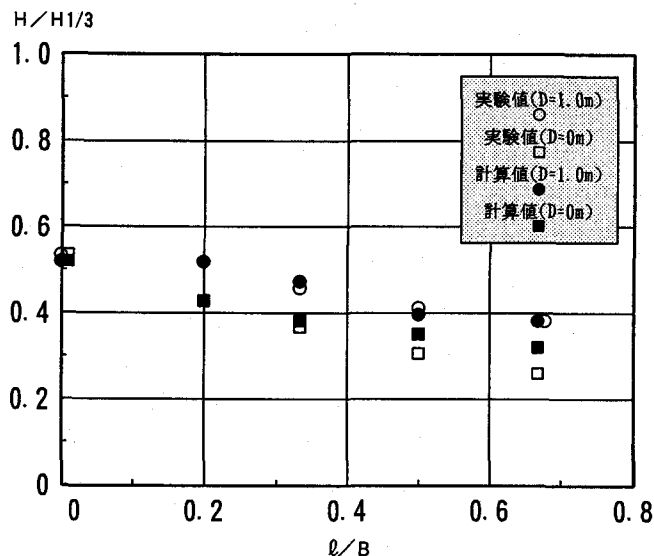


図-7 実験値と計算値との比較

5. おわりに

袋間を利用した増養殖水面において、前面に配置する消波堤の構造・配置の違いによる袋間内波高減衰効果について検討した。模型実験および数値計算の結果をまとめると次のようにいえる。

- 1) 消波堤の堤長が袋間の開口部幅よりも短い場合でも、袋間内の波高比を概ね6割以下に減衰することができる。
- 2) 消波堤の設置位置は、袋間口に設置するのが漁場静穏度の観点からは最も効果的であるといえる。
- 3) 数値計算と模型実験との整合性が確認できたので、袋間内の波高分布を今回行った非定常緩勾配方程式を用いた数値計算により推定できる。

今後の課題としては、ウニの摂餌活動における波浪等の影響について、その適正域を定量的に把握することによって、好適な環境を備えた増養殖場の整備基準が確立していくものと考えられる。これに関連して実際の増養殖水面において現在、調査を実施中⁶⁾である。

最後に、本研究の実施にあたって日頃からご助言、ご助力を頂いている北海道立中央水産試験場増殖部、ならびに当研究室とともに調査研究を行っている北海道開発局農業水産部水産課の諸氏に深く感謝の意を表する次第である。

<参考文献>

- 1) 増殖場造成指針作成委員会編：増殖場造成指針，地球社，1982
- 2) 環境条件が魚介類に与える影響に関する主要要因の整理：(社)日本水産資源保護協会，昭和58年3月
- 3) 水生生物生態資料：(社)日本水産資源保護協会，昭和58年3月
- 4) 海岸保全施設築造基準連絡協議会編：改訂海岸保全施設築造基準解説，全国海岸協会，昭和62年4月，pp218～219
- 5) 堀川清司：海岸環境工学－海岸過程の理論・観測・予測方法－，東京大学出版会，1985，pp223～248
- 6) 渡辺 晃・磯部雅彦・泉宮尊司・中野英樹：非定常緩勾配方程式による不規則波の浅水砕波変形の解析，第35回海岸工学講演会論文集，1988，pp173～177
- 7) 酒井哲郎・佐藤孝夫・岩垣雄一：任意反射率・任意透過率の防波堤による平面的な波浪変形の数値計算，第25回海岸工学講演会論文集，1978，pp98～102
- 8) 佐藤 仁・明田定満・谷野賢二：ウニの摂餌活動における波・流れの影響について，第48回土木学会年次学術講演会（投稿中）