

波浪環境下におけるエゾバフンウニ稚仔の棲み場の評価

町口裕二*・山下卓也**・伊東公人***・谷野賢二****

1. 緒 言

沿岸の碎波帯は浅は、波浪の影響を強く受けているのにも関わらず、多様な生物が生息しており、生物生産の最も盛んな場所の一つである。特に、岩礁域はコンブ類など大型海藻ならびにウニ類やアワビ類などの有用な底棲生物の漁場として重要である。中でも比較的直径の小さな石が集まっている「玉石」(直径 6~25 cm) から「転石」(同 25~100 cm) 域は、これまで経験的にウニ類をはじめとする底棲生物の幼稚仔の好適な棲み場として知られている。

エゾバフンウニは、変態着底後の稚ウニ期から成体までの发育段階によって棲み場が変化し、稚仔期のウニは転石帯に多く分布することが報告されている(川村, 1973)。しかし、このような基質が棲み場としてなぜ適しているのか、また棲み場をどのような指標でどのように評価したら良いのか、といった知見はきわめて乏しい。

最近の研究から、流動環境がウニの生態と深く関わっていることが次第に明らかになってきた。谷野ら(1994)は現地観測により、川俣(1994)は室内実験によりそれぞれキタムラサキウニの摂餌行動と流れの強さとの関係を示した。さらに、町口ら(1997)は、振動流中におけるエゾバフンウニ稚仔の行動と基質形状について実験を行い、振動流中のウニの隠れ場としての有効性が基質形状とサイズに大きく影響されることを示唆した。

そこで、本研究はウニ稚仔を対象に、付着基質と基質がつくり出す空隙が、波浪場におけるウニの棲み場/隠れ場としてどのように機能しているのかを実験により評価しようとするものである。

2. 振動流水槽によるウニの耐流性実験

2.1 実験装置と着定基質模型

波浪による海底面の流れを振動流水槽で再現した。振動流水槽は北海道開発局開発土木研究所所有の任意波形発生装置(観測部水路長 10 m, 水路幅 0.3 m, 水深 0.5 m)

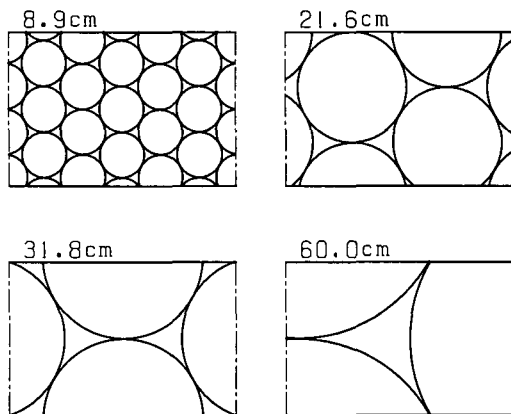


図-1 ウニ付着基質の概要

を用いた。

水槽内には、「玉石」から「転石」を模式化した円柱を密着させて敷き並べた。円柱の直径は 8.9, 21.6, 31.8, 60.0 cm の 4 条件とし、高さは 5.0 cm とした。図-1 に示すように、円柱による付着基質は 3 個が接して 1 つの空隙を形づくる。その空隙は円柱の直径および高さで表現できる。基質は水路幅にあわせて整形し、幅 30 cm, 長さ 100 cm とした。

実験に用いた稚ウニは、殻径 10.0~14.0 mm, 殻高 5.0~5.6 mm のエゾバフンウニの人工種苗である。

2.2 実験方法

a) 基質空隙内の流速

隠れ場としての基質間の空隙を評価するため、基質上および空隙内の流速をレーザードップラー流速計(DANTEC 社製)により測定した。図-2 に示すとおり、空隙内の流速測定部位は、基質上、空隙底面、空隙角部(各基質上 5 mm の位置)とし、一測点につき 0.01 秒毎で 70 秒間(10 波長)の測定を行った。

振動流の波形は正弦波とし、周期は 7 秒、流速振幅は 20, 50, 100, 150, 200 cm/s の 5 段階とした。水槽内の静水圧は 0.2 kg/cm² とした。以降では、流れの表現は最大流速である流速振幅で行い、「流速」と呼ぶ。

b) 固着部位と固着率

流速条件は空隙内流速の測定の場合と同じである。流

* 水産庁北海道水産研究所主任研究官

** 正会員 パブリックコンサルタント(株)

*** 正会員 北海道開発局釧路港湾建設事務所

**** 正会員 工博 北海道東海大学教授 工学部海洋開発工学科

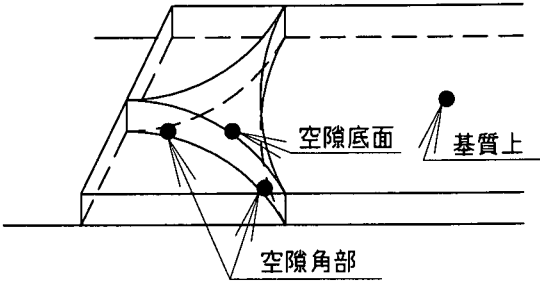


図-2 付着基質上の流速測定点

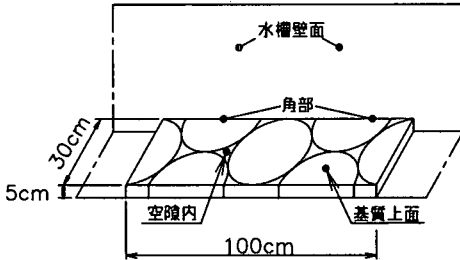


図-3 付着基質上の固着率

速は遅い方から速い方へと段階的に変化させ、それぞれの流速を1時間継続した。

稚ウニは付着基質の空隙および周辺に100~200個体を放流した。所定の流速を与える直前と直後、および所定流速に達してから30分後に水槽内の稚ウニの位置を記録した。

図-3に示すように、基質上の稚ウニの位置は、基質上面、空隙内、水槽壁面、水槽底面と壁面との角の4部位に分けて計数し、供試個体数に対する固着数を固着率として表した。また、空隙内について、底面、壁面、角部の3部位に分け、さらに角部と壁面については、底面との接合部とその他に分けて、稚ウニの位置を記録計数した。

実験期間中は水温を $10 \pm 0.5^\circ\text{C}$ に調整し、無給餌とした。

3. 基質空隙内の流速

基質直上の流速に対する空隙底面、空隙角部の流速を図-4に示す。基質空隙内では基質直上の流速と比較して直径の小さな基質ほど大きく減衰する。

空隙角部の流速は、直径21.6~31.8cmが基質直上の流速の20%程度、直径60cmが30%程度まで減衰している。なお、基質直径8.9cmの流速は測定できなかった。

空隙底面の流速は、基質直径31.8cmまでは角部とほぼ同じである。空隙底面において流速が50cm/sを越えるのは直径60.0cm、基質直上の流速200cm/sのときで

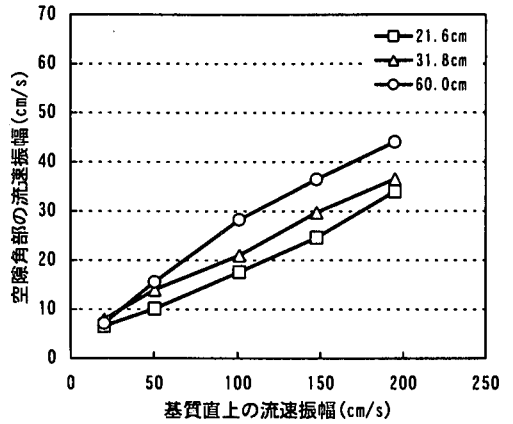


図-4 (a) 基質径別の空隙角部の流速

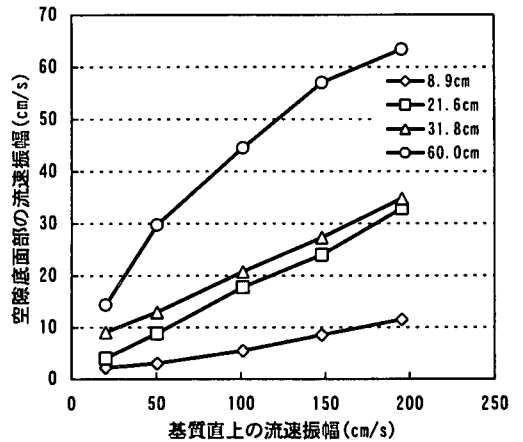


図-4 (b) 基質径別の空隙底面の流速

あった。

4. 稚ウニの耐流特性と隠れ場の効果

4.1 稚ウニの挙動の概要

静水状態で基質空隙に放流された稚ウニは、その場に留まらず、放流された場所から移動を始める。稚ウニの移動方向はランダムであり、基質上面を中心に水槽壁面や上面まで広く分布した。静水状態のとき、ウニの固着部位は基質上面が最も多く、個体数の約1/2を占めていた。

流れが起ると、基質上面や水槽壁面に位置していた稚ウニは付着基質の空隙内に向かって移動した。さらに流速が増大すると空隙内の角部へと移動した。このように、稚ウニは振動流中において安定して固着できる場所を探索、移動するが、一定流速以上で移動しなくなることが観察された。町口ら(1997)は稚ウニの移限界流速を50cm/s以下と報告しており、本実験においてもこれ

が確認された。

基質直径 60 cm を除いて、基質の空隙内に入り込んだ稚ウニは、流速 200 cm/s でも剝離流出する個体は全くなかった。また、流速 20 cm/s 以上の振動流が加わった後に基質空隙内へ移動した稚ウニは、静水状態に戻しても空隙内に留まっていた。

4.2 稚ウニの基質からの剝離

実験に用いた 4 基質について、流速に対する固着部位別の稚ウニ固着率の変化を図-5(a)~(d) に示す。固着率は実験開始時の全供試個体数に対する百分率で示した。

いずれの基質も、稚ウニは流速が 50 cm/s を超えると基質および水槽表面から剝離されはじめ、さらに流速が増加すると剝離される個体が増加した。本実験の最大流速 200 cm/s 時における各部位の固着率の合計(残存率を表す)は、基質直径 8.9 cm で供試個体数の 86.8%、以下同様に 21.6 cm で 84.4%、31.8 cm で 76.0%、60 cm で 62.0% となり、基質直径が増加するほど固着率は低下した。

振動流によって剝離流出した稚ウニのほとんどは基質上面や水槽壁面に位置していた個体であった。本実験において、高流速の振動流中で剝離された稚ウニは再度基質に固着することは不可能である。剝離流出した個体のほとんどは水流による基質との接触によって脱棘、斃死した。波浪場において、安定して固着できることは稚ウニの生残を左右する極めて重要な要素となる。

4.3 固着部位の変化と固着率

a) 基質直径 8.9~31.8 cm の場合

図-5(a)~(c) に示したように、流速が加わると同時に固着部位別の稚ウニの固着率は大きく変化した。静水状態から流速 20 cm/s の時点で基質上面に位置する個体は急速に減少した。流速 50 cm/s 以上での基質上面の固着率は基質直径 31.8 cm で 7.5% あったのみで、流速 100 cm/s 以上では基質上面の個体は皆無であった。

一方、基質空隙内の固着率は、基質上面の場合とは全く逆の変化を示し、静水状態から流速の増加にともなって大きく増加した。流速 50 cm/s に時点での固着率は、基質直径 8.9, 21.6, 31.8 cm でそれぞれ 42.9, 69.7, 71.0% の値を示した。その後、流速 100 cm/s 以上で空隙内の固着率はほぼ一定の値となり、流速 200 cm/s でも固着率は低下しなかった。また、直径の大きな基質ほど空隙内の固着率が高く、直径 31.8 cm では全固着個体の 96.7% が空隙内に位置していた。

b) 基質直径 60 cm の場合

図-5(d) に示したように、基質直径 60 cm では静水時に供試個体のほとんどが基質間の空隙に入った。このため、流れが起こっても固着部位の顕著な変化は認められなかった。稚ウニは静水時から流速 20 cm/s の間に空隙内より逸散し水槽壁面へと移動する個体がみられた。前出の空隙内流速で示したように、このときの空隙内流速は 14 cm/s とウニの逃避行動を促すのに十分な流速であったためと考えられる。また、空隙内では流速の増加とともに剝離流出する個体が増加した。そのため、空隙全体の固着率は、流速の増加とともに固着率は減少しつ

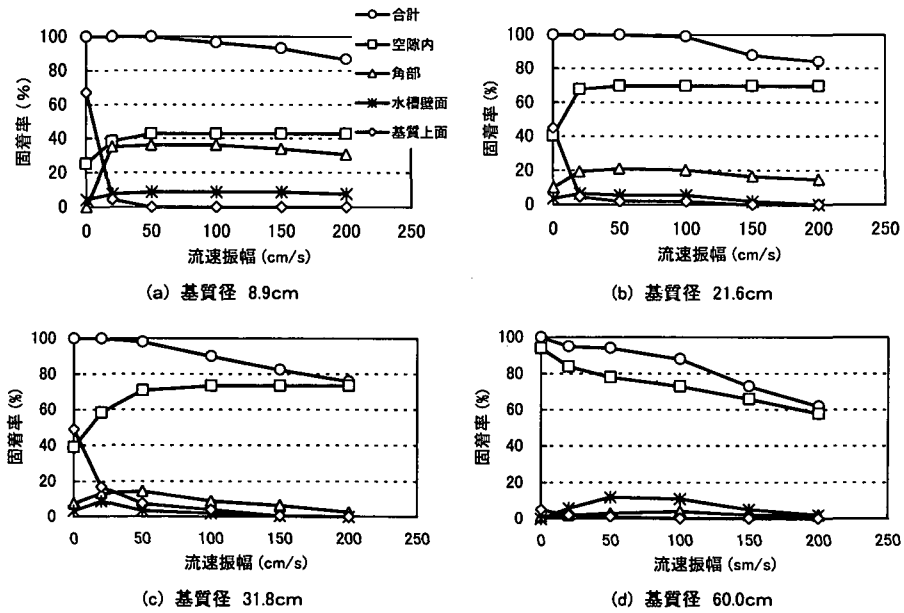


図-5 基質および部位別の稚ウニ固着率と設定流速との関係

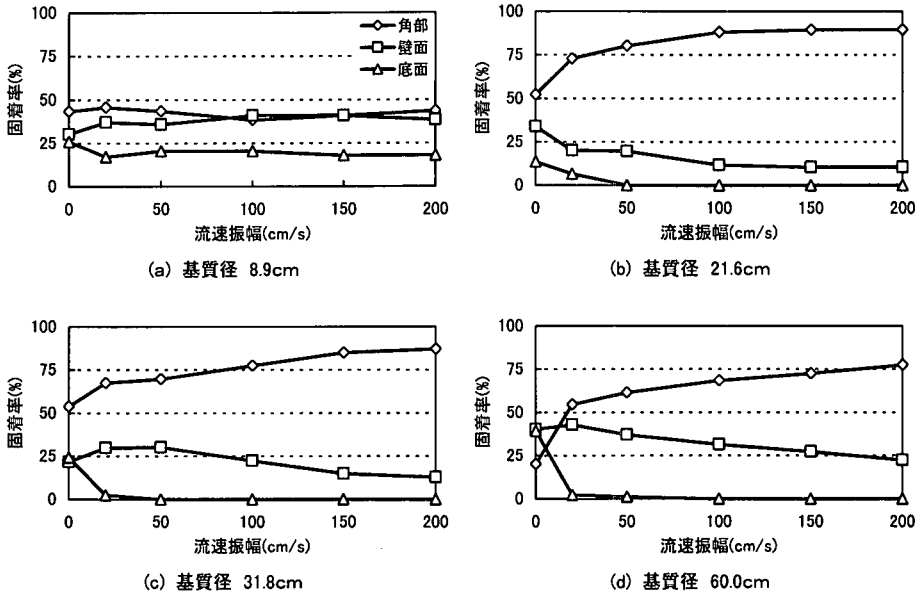


図-6 基質空隙内の各部位における稚ウニ固着率の変化

づけた。

基質直径の増加は空隙の開口面積を増し、空隙内の流速減衰効果が低下させる。基質直径 60.0 cm における基質空隙内の固着率の減少は、基質の大きさが波浪環境における棲み場としての空隙の有効性を左右する重要な要素になっていることを示している。

4.4 基質空隙内における稚ウニの挙動

各基質の空隙内における、部位別の稚ウニ固着率の変化を図-6(a)~(d) に示す。ここでの固着率は、空隙内の全個体数に対する空隙内各部位に位置していたそれぞれの稚ウニ個体数の割合を百分率で示した。

各直径の基質空隙内の稚ウニは、流速の増加とともに固着部位に変化が見られた。図-6(a)~(d) に示したように、空隙内における固着部位の変化は、基質直径 21.6, 31.8, 60.0 cm の基質に顕著に現れた。これら 3 基質では流速 50 cm/s の時点で、基質底面の稚ウニ固着率が 0 となり、同時に空隙角部あるいは空隙壁面で固着率が大きく増加した。その後、基質直径 21.6 および 31.8 cm の空隙角部では流速 200 cm/s まで固着率は増加しつづけたが、これはすべて空隙壁面より角部へと移動してきた結果であった。

一方、基質直径 8.9 cm では、流速 50 cm/s 以上での各部位による固着率の変化は小さかった (図-6(a))。

4.5 接触面数と耐流性

ウニはほぼ半球形の体表面にある伸縮自在の管足先端の吸盤で基質に固着し、また移動を行っている。稚ウニの固着と基質との関係を考えると、基質に接することの

できる管足が多いほど安定して固着できることになる。

図-7 は基質空隙内の平均流速と固着率の関係を接触面数をパラメータとして示したものである。流速は、角部と底部の流速の平均値で表した。接触面は、1 面：底部 (ウニは底面のみに接触)、2 面：角部 (2 つの基質の接合部で、ウニは 2 面に接触)、3 面：角部と底部の接合部 (ウニは底面と両壁面の 3 面に接触) である。

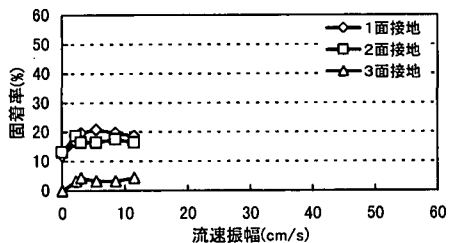
同図から分かるように、静水時には、稚ウニは接触面数によらず広く分布している。流れが生ずると、一面接触の個体数が急激に減少し、2 面、3 面接触へとウニの固着部位が移行する。空隙内流速が 10 cm/s を超えると底面 1 面接触の個体はほとんどいなくなる。さらに流速が増加すると、2 面接触の個体数が減少し、3 面接触へと移行する。

本実験で基質上面や水槽壁面で稚ウニの固着率が低かった理由は、速い流れに対して安定して体を保持するのに必要な接触面の少ないことが挙げられる。一方、基質空隙は、流速を緩和するのみならず、稚ウニにとって接触面の多いより強固な固着部位を提供する。

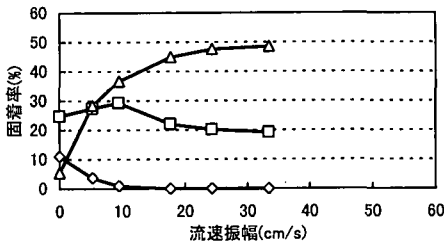
5. 結 語

本研究の結果の要約は以下のとおりである。

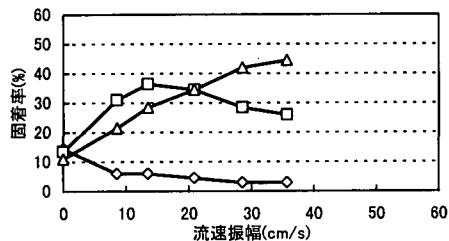
(1) 基質空隙内の流速：基質空隙内では基質直上の流速と比較して大きく減衰し、基質直径 8.9 cm では基質直上の流速の 10% 程度、直径 21.6~31.8 cm でも 20% 程度にまで減衰している。空隙底面において最大流速が 50 cm/s を越えるのは直径 60.0 cm の流速 200 cm/



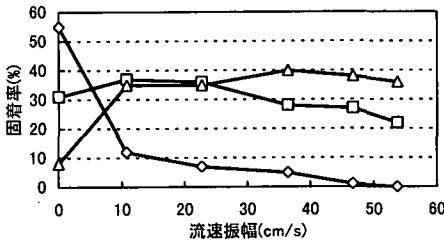
(a) 基質径 8.9cm



(b) 基質径 21.6cm



(c) 基質径 31.8cm



(d) 基質径 60.0cm

図-7 接触面数の違いによるウニ固着率の変化

s時であった。

(2) 基質上における稚ウニの挙動：静水中で放流された稚ウニは、放流点を中心に水槽壁面や上面までランダムに広く移動する。流速が加わると、ウニは水槽角部あるいは付着基質の空隙内に向かって移動した。

(3) 稚ウニの固着部位と固着率：流速の増加とともに基質および水槽表面からの剝離個体数が増加し、基質直径が大きいほど固着率は低下する。基質直径 31.8 cm 以下では、流速 20 cm/s の時点で基質上面に位置する個体は急速に減少した、空隙内の固着率は静水状態から流速の増加にともなって大きく増加した。一方、基質直径 60 cm では、流速が加わると空隙内から移動する個体が見られた。空隙内では流速の増加とともに剝離流出する個体が増加し、基質空隙内の固着率は減少した。

(4) 基質空隙内における稚ウニの挙動：静水時には、稚ウニは接触面数によらず広く分布している。流れが生ずると、一面接触の個体数が急激に減少し、2面、3面接触へとウニの固着部位が移行する。空隙内流速が 10 cm/s を超えると底面一面接触の個体はほとんどいなくなる。さらに流速が増加すると、2面接触の個体数が減少し、3面接触へと移行する。

これらの結果は、玉石や転石帯が作り出す基質相互間の小空間が、稚ウニの「固着面を増す」とともに「流速

を大きく減衰」させ、穏やかな流れ環境を保つことを示しており、波浪環境下においてはウニ稚仔にとって有効・不可欠な避難場となっていることを強く示唆している。

同時に結果は、基質が大きくなると空隙面積が増大し棲み場としての有効性が低下することも示している。逆に、過度に基質が小さくなると空隙の容積が小さくなり、ウニの収容量が減少するとともに海底面での安定性が乏しくなるため、棲み場としての有効性が低下することも容易に推測できる。すなわち、基質間の空隙の大きさは避難場としての有効性を左右する。

参考文献

川俣 茂 (1994): 磯根漁場造成における物理的攪乱の重要性, 水産工学, Vol. 1, No. 2, pp. 103-110.
 川村一廣 (1973): エゾパフンウニの漁業生物学的研究. 北海道立水産試験場報告, 16, 1-54.
 町口裕二・山下卓也・阿久津孝夫・山下俊彦・南村尚明・谷野賢二 (1997): 振動流中のエゾパフンウニ稚仔の行動と基質形状に関する一考察. 海洋開発論文集 Vol. 13, 699-704.
 谷野賢二・明田定満・佐藤 仁・松山恵二・吾妻行雄・中多章文 (1994): ウニの摂餌活動におよぼす物理環境要因について, テクノ・オーシャン '94 国際シンポジウム論文集, Vol. 1, pp. 195-198.