

II-30 沿岸構造物の魚礁機能に関する一考察

パブリックコンサルタント(株) 正員 山下 卓也
 北海道開発局開発土木研究所 正員 谷野 賢二
 水産庁北海道区水産研究所 町口 裕二
 北海道大学工学部土木工学科 正員 山下 俊彦

1. はじめに

エコポート(環境共生港湾)や自然調和型漁港づくり事業にみられるように、漁港・港湾構造物をはじめとする沿岸構造物は、本来の機能を保ちながら周辺の水産生物と調和することが求められている。構造物はもともと、生物に対して生息場や産卵場を提供するなど、(広義の意味で)魚礁としての機能を持っている。構造物の持つ魚礁としての要素を明らかにすることは、自然調和型沿岸構造物の開発にとって不可欠なものである。本研究では、魚礁機能の要素の一つとして構造物の形状に着目し、マクロ的(数十センチ)、ミクロ的(10センチ以下)形状の違いが構造物の魚礁機能に及ぼす影響について、ヤリイカ産卵とウニの耐流性を対象として検討した。

2 ヤリイカ産卵礁としての構造物

2-1 産卵部位の特徴

天然産卵礁の特徴は、岩棚や岩盤の亀裂、岩と岩の隙間などの高さが低く、水平方向に広い空間の天井部分である。表-1は、北海道日本海沿岸の漁港、港湾の港内外で行われたヤリイカ産卵実態調査にもとづいて、産卵部位を分類したものである。ヤリイカは防波堤や岸壁のコンクリート鉛直壁の欠落部や消波、被覆ブロックの底面部(写真-1参照)に産卵しており、その中で最も産卵箇所が多いのはブロックの底面部であった。

図-1は青苗漁港、須築漁港における産卵が確認されたブロック底面部の空間寸法の平均値と天然産卵礁のそれを比較したものであ

港名	垂直壁	消波ブロック	被覆ブロック	その他
松前港		19		
香深 "	5	1		1
船泊 "		1	多数	
元地漁港		3	2	
鉄府 "	5	1		2 ^{*1}
江良 "	4	6	1	
青苗 "		5		
須築 "		4		
寿都 "		2		
合計	14	42	3 ^{*2}	3

*1 ワイヤロープ、海藻。

*2 船泊港では多数の被覆ブロックに産卵が確認された。

表-1 構造物への産卵実態

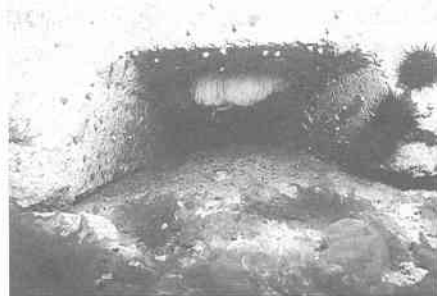


写真-1 被覆ブロックに産卵されたヤリイカ卵

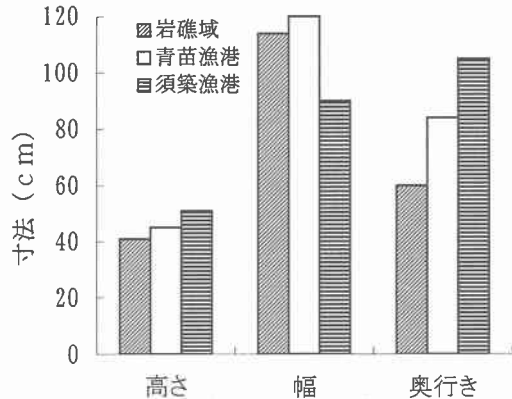


図-1 産卵空間の比較

A study on effect of artificial reef of coastal structures

by Takuya YAMASHITA, Kenji YANO, Yuji MATIGUTI, Toshihiko YAMASHITA

る。産卵が行われたブロックの底面部の幅、奥行き、高さすべてが、天然礁の寸法と同程度あるいは、上回っていることから、防波堤コンクリートブロックも産卵礁として機能していることがわかる。

2-2 産卵場としてのブロック形状

ヤリイカによるコンクリートブロックへの産卵に着目し、ブロック形状と産卵空間の関係を考察する。対象とするブロックは消波ブロックと被覆ブロックとした。図-2に以下で空間形状の表現に用いる『高さ』、『面積』、『角度』の定義を示す。

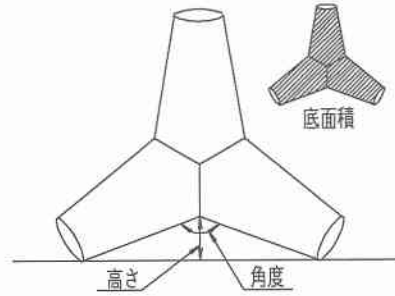


図-2 ブロック形状の定義

A ブ ロ ック	A-1(t)	8.0	12.0	16.0	20.0	25.0	32.0		
	底面積(m ²)	2.28	3.04	3.71	4.50	5.25	6.20		
	高さ(m)	0.39	0.45	0.50	0.50	0.54	0.59		
A ブ ロ ック	A-2(t)	8.0	12.0	16.0	20.0	24.0	30.0	40.0	50.0
	底面積(m ²)	1.28	1.62	2.00	2.42	2.65	3.13	3.65	4.21
	高さ(m)	0.46	0.52	0.58	0.64	0.66	0.72	0.78	0.84
B ブ ロ ック	B-1(t)	10.0	12.5	16.0	20.0	25.0	32.0	40.0	50.0
	底面積(m ²)	3.80	4.42	5.16	6.03	7.02	8.12	9.60	11.12
	高さ(m)	0.18	0.20	0.21	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31
B ブ ロ ック	B-2(t)	10.0	12.0	15.0	20.0	25.0	30.0	40.0	50.0
	底面積(m ²)	1.58	1.79	2.07	2.52	2.91	3.62	3.99	4.63
	高さ(m)	0.15	0.15	0.17	0.18	0.20	0.21	0.23	0.25
被 覆 ブ ロ ック	C-1(t)	2.0	4.0	5.0	8.0	10.0	12.0	15.0	20.0
	底面積(m ²)	1.04	1.65	1.92	2.62	3.03	3.44	3.99	4.83
	高さ(m)	0.23	0.29	0.31	0.36	0.39	0.42	0.45	0.49

表-2 ブロック別の形状(寸法)

消波ブロックの底面部角度が120°以下の開きを持つブロックをA群,120°以上のブロックをB群とし、それぞれ2種のブロックと被覆ブロック(C)について空間形状を求めた(表-2)。

天然産卵礁の調査報告によると15~90cmの高さに産卵が確認されており⁽¹⁾、またブロックを対象とした今回の産卵調査では20~70cmの高さに確認された。図-3はブロックの底面部高さを重量ごとに示したグラフである。産卵礁として機能する高さを20cm以上と考えた場合、B-1の8トン、B-2の20トン以下のブロックが産卵場として機能する。高さが20cm以下のブロックは、漂砂の影響がある沿岸域では底面部が埋まってしまい、ブロックに産み付けられた卵が死卵になる可能性がある。

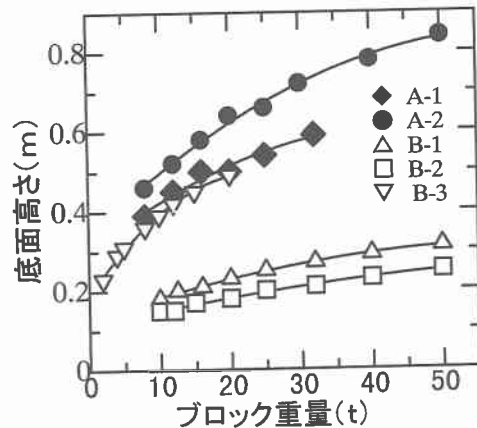


図-3 ブロック別の高さの比較

底面積はAブロック、Bブロック共にばらつきがあるが、どのブロックの底面積も天然産卵礁の平均産卵面積 756 cm²⁽¹⁾よりも広く、産卵場として機能するには充分であるといえる。被覆ブロックのC-1は、重量に関係なく産卵礁としての必要な高さを備えているが、捨石マウンドの凹凸によっては、有効な天井面積が減少する。

2-3 ブロックがなす向きと産卵傾向

沿岸域に配置されたブロックは、乱積みや層積みによる施工法の違いや、ブロックが崩れたり破損しているケースがあり、すべてが同じ向きであるとは限らない。そこでブロックの傾きと産卵の関係を調べた。

図-4は平成7.8年にヤリイカの産卵調査が行われた、日本海沿岸の松前、船泊、杵形、香深港及び、福島、青苗、須築、鉄府、寿都、古平漁港の10カ所に産卵が確認されたブロック及び天然産卵礁の産卵面の向きの割合を整理したものである。卵嚢が付着しているブロックの形状、天然産卵礁の向きをそれぞれa, b, c, d, e, fに大別し、卵が付着している形状の向きの割合を求めた。同図からわかるように、dの水平面状や底面が重なり合っている面b、傘状の面

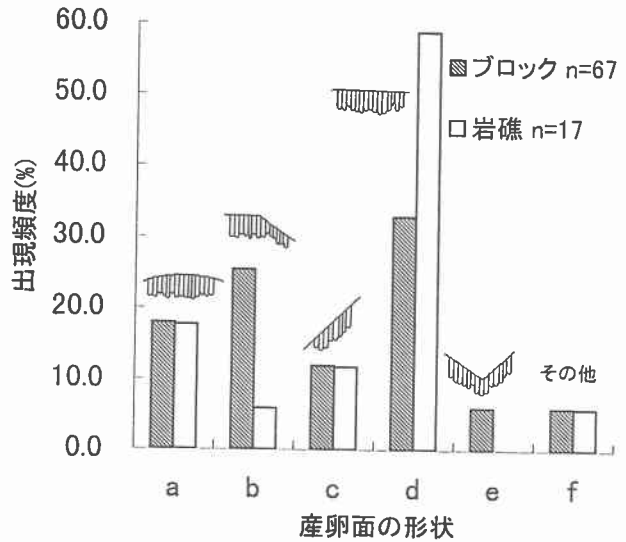


図-4 産卵形状の向き

a に産卵する割合が多い。c, eなどの産卵面が鋭角である形状の向きへの卵の付着割合は少なかった。また産卵数はa, bが比較的多く、一番付着する面の割合が多かったdは、産卵数が少ない傾向にあった。以上のことより天井は水平に近いほど産卵面として適しているといえる。

3. 生息場としての構造物

前章ではブロックが産卵場として機能するには、それが形成するマクロ的空間形状が重要であることを述べた。一方、ウニをはじめとする付着生物の生態に見られるように、構造物表面は生息場や隠れ場としても機能している。付着生物の最適な生息場の要素としては、餌の有無と共に、波浪外力から身を守る表面形状であることがあげられる。ここでは隠れ場として必要な表面形状について、基礎的な検討を行った。

隠れ場として機能する形状として突起形に着目し、海底面上での波動による流れを、任意波形振動流発生装置により再現し、エゾバフンウニ(以下ウニ)を用い実験を行った。実験水槽内には形状(突起形)の模型を配置し、その有効性をウニの耐流限界を観察して考察した。

3-1 実験条件

実験条件は以下のとおりである。

- a) 水深は2m相当に設定し、周期は7(SEC)、流速は20, 50, 100, 150(cm/s)のそれぞれ4種類を変化させた。所定流速に到達するまでは約1分程度である。
- b) 海水温度はウニの生息条件の適水温にあたる9℃~10℃に保って行った。
- c) 各実験によって体長10mm~15mmの稚ウニを50または100個用いた。
- d) 各実験の模型の材質はアクリル盤を用いた。
- e) ウニの固着状況を実験開始時、30分後、1時間後に観察した。

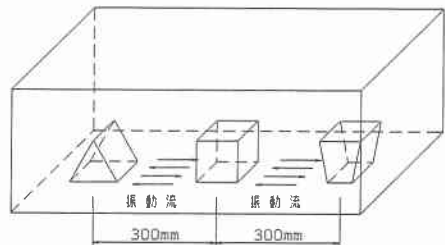


図-5 実験内部の模型配置

3-2 実験及び考察

実験は(1)~(5)まで行い、(1)~(4)は突起形状とウニの耐流性を、(5)は殻径の大小による耐流性をそれぞれ検討した。

(1) ウニの殻径と同じ形状の有効性

図-5の模型上にウニを100個体、均一に投入して流速変化によるウニの固着率を観察し、ウニの殻径と同じ高さの突起形状の有効性を検討した。ウニを投入した直後の静水状態では、観測窓の垂直な壁に固着するウニが非常に多かったが、流れが発生したと同時に、固着しているウニのほとんどが、底面や壁隅(壁と底面がつくる直角の壁)に移動し、それぞれの模型部分に固着していたウニの移動は見られなかった。実験前には三角形、四角形、逆台形の模型の形状がウニの隠れ場として機能すると思われたが、流速20cm/sを越えるとその形状は関係なく、最終的にその周辺のウニの固着率は全体の10%を下回った。模型やその周辺よりも壁隅に固着し続けたウニが多く、隠れ場として有効な形状は、ウニの殻が支えられる点や面が多い場所が適している。

(2) ウニの殻形と同じ隙間の有効性

(1)の結果から、ウニの殻径の大きさと同じような隙間を作りウニが支えられる形状を多くし、四角形の模型を増やして幅を10mm, 15mm, 20mmに変え、ウニを100個体投入して実験を行った。実験1と同様に静水状態での固着数は壁側に多く、流れが発生すると減少した。流速20cm/sを越えると全ての模型付近において固着率は約10%を下回った。

(3) 流れに対する形状向きの有効性

ウニを50個体投入し、流れの向きに対して平行、垂直に模型を配置して実験を行った。流速が50cm/sになると全体的に固着率が減少しており、壁隅に固着しているウニの減少が著しかった。また垂直に配置された15mmの隙間が、流速150cm/sで一番固着率としては多いが、個体数の差は少なくその形状が有効であるとは言えない。(1)、(2)よりも最終的に存在したウニの個体数は多かったが、流れに対して平行に向けた場所はウニの個体数がゼロに等しいことから形状の向きは垂直に配置した方が良いことが確認された。

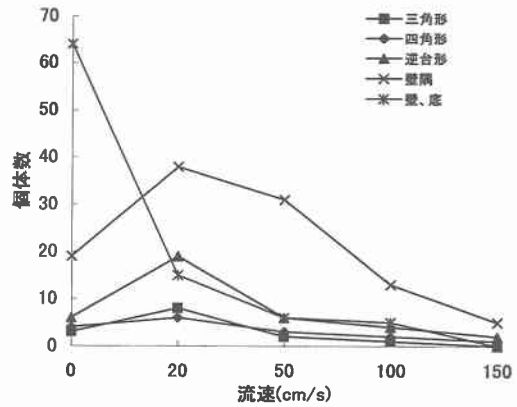


図-6 模型形状とウニの耐流

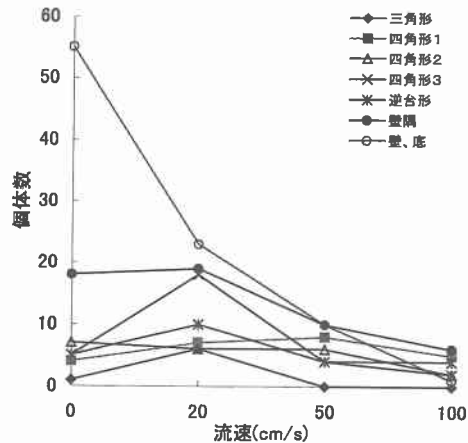


図-7 形状の隙間とウニの耐流

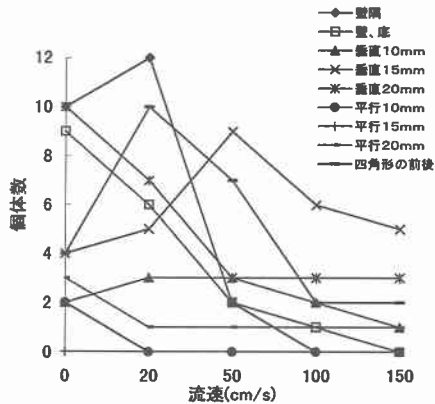


図-8 形状の向きとウニの耐流

(4) 突起が高い形状の有効性

これまでの結果から流れの向きに垂直であり、高さのある形状が有効であると判断し、5cmの四角形の模型を2つ、2.5cmの隙間をあけて配置した(図-10)。流速が増大すると固着するウニは減少したが模型の間の溝には流速150cm/sでも50%近くのウニが固着していた。流れによって溝の中に固着していたウニが数個飛ばされたが、それは2.5cmの隙間の底面部に固着していたウニが、その隙間に発生した渦により上方へと投げ出された状態であった。他の形状に固着し続けたウニのほとんどは、溝の外壁や模型の外側に、ウニ自体が垂直に固着している状態であった。突起形状が高いことが隠れ場としての機能する要素であることが確認された。

(1)~(4)の各実験段階による固着率の変化を図-11に示す。模型配置が変わるごとに、全体の固着率も増加している傾向が見られ、模型の配置や隙間の大きさによって、固着できる割合が変化していることがわかる。全ての実験において、流速が20~50 cm/sに変化すると、ウニの固着率は大幅に減少している。流速が100cm/s以上では、模型の隙間に関係なく、固着できる割合が現象しているが、(4)の固着率は50%にもなり、突起形状の高さの有効性が見られる。

以上より隠れ場として機能するには、高い突起にによって溝が形成され、流れの影響を受けにくい形状であることがわかったが、ウニの殻径の大きさによって耐流できる限界は変化すると思われる。

(5) 殻径の違いによる固着限界

ウニの殻径の大きさによる耐流限界を、殻径の異なる3種類のウニを振動流実験装置に投入し、流速変化とウニの固着率の減少により考察した。実験装置は同じく振動流発生装置を用い、周期、水温等は前実験と同条件であり、流速変化は0~160cm/sに至るまで10cm/s毎に変化させて、実験開始直後から10分間ずつの観察を行った。ウニの殻径による分類は、殻径の平均が大66.7mm、中33.1mm、小14.2mmの大きさに分けた。

図-12は流速変化と殻径の異なるウニの固着率を示している。小、中のウニの0~60cm/sまでの固着率の上昇の原因は振動流水槽の観測窓に現れず、その左右の端部分(観測対象ではない場所)に移動していたためで

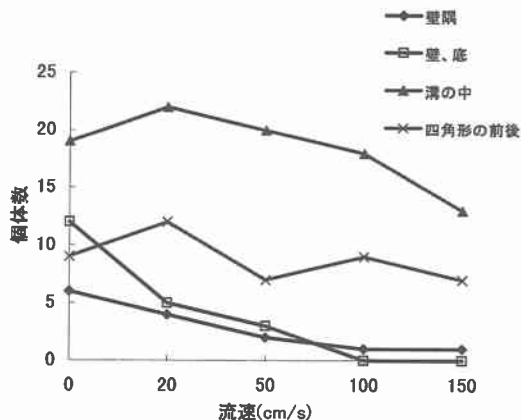


図-9 高い突起形状でのウニの耐流

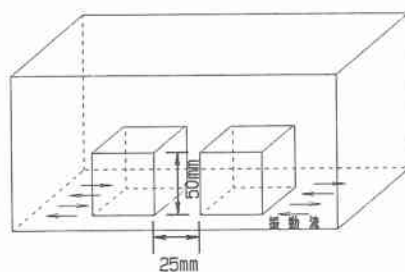


図-10 水槽内部の模型配置

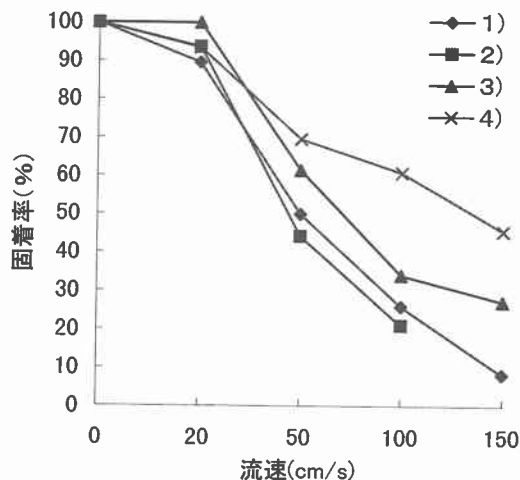


図-11 実験段階の固着率の比較

ある。そのウニの増加現象から流速40cm/s付近まではウニが自由に移動できる流速であると判断できる。殻が大きいウニは160cm/sでも50%が固着しており、中、小の順で固着が多くなっており、殻径が大きいになると、ウニの耐流限界速度は大きくなる。

4. おわりに

本論文は沿岸域における構造物が魚礁としての機能は、その形状が物理的要素のひとつであることを考察した。本研究でわかった、それぞれの場の要素は以下のとおりである。

産卵場

- ・水平な産卵面であること。
- ・産卵面の高さが海底面から20cm以上であること

生息場

- ・ウニの殻を支える点、面が多い形状であること。
- ・流れの影響を受けにくい形状の向きであること。
- ・高い突起物のような形状であること。

以上のことより、形状の有効性はわかりつつあるが、それに付加する流体力の作用によって、生態に与える影響が変わるものと思われる。今後は、それらを踏まえた上で実験、調査を行い、魚礁機能を持てる構造物に役立つ理論に近づけたい。

謝辞

本実験に協力をいただいた、北海道大学大学院の山本明氏、北海道開発局開発土木研究所の阿久津孝夫氏に感謝の意を表する次第である。

参考資料

- 1) 渡島西部地区水産技術普及指導所、松前町水産課他(1989):北海道松前町におけるヤリイカの資源増大対策と展開方法
北海道開発局函館開発建設部(1995):管内漁港ヤリイカ産卵状況調査報告書
谷野 賢二(1996):生物環境に配慮した構造物の開発ー北海道における取り組みー
奈須敬二・奥谷喬司・小倉通男:イカーその生物から消費までー
増殖場造成指針作成委員会:増殖場造成指針

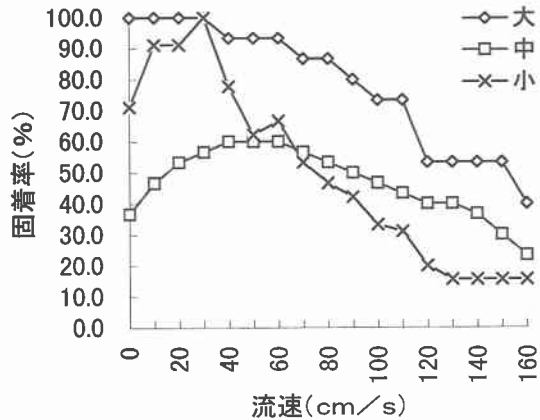


図-12 殻径の大きさによる固着率の比較