

# 磯焼け域に設置した鋼製貝殻増殖礁におけるウニ類の分布密度と行動抑制効果の検討

井上 弘之、穴口 裕司、木代 寛士、小川 佳久(海洋建設株式会社)  
 野田 幹雄(水産大学校)

## 1. はじめに

近年、わが国では藻場が大規模に消失する「磯焼け」が全国の多くの沿岸域で見られており、アワビ漁などをはじめとする水産業に大きな影響を与えている。また、藻場は多くの水産生物の幼稚仔の保育場となり、沿岸域における水質浄化や二酸化炭素の取り込みなど様々な役割を果たすことから、その保全や回復は喫緊の課題となっている。磯焼けの要因としては、地球規模での海水温の上昇や栄養塩の不足、植食動物による食害など様々であるが、ウニ類による食害は古くから知られ、海域によっては駆除やウニフェンスによる進入防止といった対策が効果を示している。

一方、我々が魚介類に対する餌生物の培養や海藻の着定基質として研究開発を進めてきた貝殻基質を装着した鋼製の人工の増殖礁については、事後調査で周囲の海底に比べウニ類の分布密度が極端に低く、アラメやカジメなどが繁茂している状況が確認されている。そこで、鋼製貝殻増殖礁と天然岩礁におけるウニ類の分布密度差を明らかにするとともにその行動抑制効果を検証することを目的に、宮城県、三重県の3海域を対象に鋼製貝殻増殖礁の各種部材と周囲の天然岩礁に分布するウニ類の密度について、スキューバ潜水による調査を実施した。また、鋼製貝殻増殖礁、とくに貝殻基質におけるウニ類の行動抑制のメカニズムを検証するために、実験水槽による基質選択性実験、付着力実験等を行った。

## 2. ウニ類の分布密度

### 1) 調査海域

宮城県南三陸町海域および三重県尾鷲市、大紀町海域で調査を実施した。

### 2) 調査対象増殖礁

直径 15cm、長さ 87cm の貝殻基質を装着した鋼製増殖礁(基礎にはコンクリートを使用)(以下“貝殻増殖礁”)を対象とした。

表 1 調査海域

場所	天端水深(m)	調査年月
宮城県南三陸町	4	H18.4 ~ H22.7
三重県尾鷲市	3	H15.7 ~ H17.5
三重県大紀町	8	H15.7 ~ H21.4

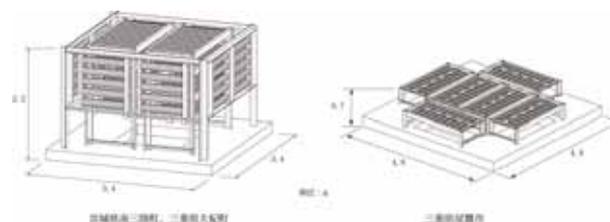


図 1 調査対象とした貝殻増殖礁

### 3) 調査方法

貝殻増殖礁の貝殻基質、鋼材部、基礎コンクリート部および周囲海底(任意の範囲)におけるウニ類の分布個体数をスキューバ潜水により計数した。分布密度については、各箇所での確認個体数を投影面積および部材表面積(周囲は除く)で除することにより算出した。また、同時に貝殻増殖礁および周囲における大型褐藻類の着生状況についても目視観察を行った。

### 4) 調査結果

#### (1) 宮城県南三陸町

貝殻増殖礁とその周囲にはキタムラサキウニが分布しており、投影面積当たりの分布密度は、貝殻基質 0 ~ 2.00 個体/m<sup>2</sup>(平均 0.66 個体/m<sup>2</sup>)、鋼材部 0.33 ~ 4.50 個体/m<sup>2</sup>(平均 2.19 個体/m<sup>2</sup>)、基礎コンクリート 1.30 ~ 2.94 個体/m<sup>2</sup>(平均 1.97 個体/m<sup>2</sup>)、周囲海底(天然の岩礁)で 4.50 ~ 17.10 個体/m<sup>2</sup>(平均 12.02 個体/m<sup>2</sup>)であり、各部材と周囲の間には有意差が認められた(P<0.01)。また、各部材の表面積当たりの分布密度は、貝殻基質 0 ~ 0.40 個体/m<sup>2</sup>(平均 0.13 個体/m<sup>2</sup>)、鋼材部 0.07 ~ 1.01 個体/m<sup>2</sup>(平均 0.49 個体/m<sup>2</sup>)、基礎コン

表 2 ウニ類の投影面積（表面積）当たりの分布密度（個体/m<sup>2</sup>）

海域	調査年月	設置後の経過年月	天端水深(m)	ウニの分布密度(個体/m <sup>2</sup> )				水温( )			
				貝殻		鋼材			基礎	周囲	
宮城県南三陸町	H18.4	1年6カ月	4	0	(0.00)	1.89	(0.42)	1.82	(1.56)	4.50	4.0
	H18.6	1年8カ月		0	(0.00)	0.33	(0.07)	1.30	(1.12)	12.00	12.0
	H19.9	2年11カ月		2.00	(0.40)	0.89	(0.20)	2.94	(2.53)	17.10	22.0
	H20.9	3年11カ月		0.45	(0.09)	4.50	(1.01)	2.69	(2.31)	13.00	21.6
	H21.9	4年11カ月		0.50	(0.10)	2.56	(0.58)	1.39	(1.19)	12.50	19.0
	H22.7	5年9カ月		1.00	(0.20)	2.95	(0.66)	1.69	(1.45)	13.00	22.0
海域平均				0.66	(0.13)	2.19	(0.49)	1.97	(1.69)	12.02	
尾三鷹市	H15.6	2カ月	3	0.03	(0.01)	0.03	(0.02)	0.23	(0.19)	2.12	21.7
	H15.11	8カ月		0.36	(0.18)	0.44	(0.26)	1.37	(1.10)	1.15	20.6
	H16.6	1年3カ月		0.06	(0.03)	0.11	(0.06)	0.14	(0.12)	1.75	21.0
	H17.5	2年2カ月		0.17	(0.08)	1.08	(0.62)	1.35	(1.08)	1.38	20.2
海域平均				0.16	(0.08)	0.42	(0.24)	0.77	(0.62)	1.60	
大紀町	H14.9	3年	8	1.44	(0.29)	1.78	(0.40)	2.51	(2.16)	7.45	23.2
	H15.7	3年10カ月		0.33	(0.07)	1.17	(0.26)	5.49	(4.72)	9.59	24.4
	H15.11	4年2カ月		0.67	(0.13)	0.22	(0.05)	3.07	(2.64)	12.04	20.9
	H17.12	6年3カ月		1.00	(0.20)	0	(0.00)	1.38	(1.19)	15.67	11.0
	H21.4	9年7カ月		0	(0.00)	0	(0.00)	0.35	(0.30)	13.00	18.0
海域平均				0.69	(0.14)	0.63	(0.14)	2.56	(2.20)	11.55	
全平均				0.53	(0.12)	1.20	(0.31)	1.85	(1.58)	9.08	

( )の値は、各部材の表面積当たりの分布密度を示す。

クリート 1.12 ~ 2.53 個体/m<sup>2</sup> (平均 1.69 個体/m<sup>2</sup>) で、貝殻基質および鋼材部と基礎コンクリート間には有意な差が認められた (p<0.01)。海藻類については、貝殻増殖礁の貝殻基質および鋼材部にアラメ、マコンブが着生していたが、周囲の天然礁には大型褐藻類の着生は確認できなかった。

### (2) 三重県尾三鷹市

貝殻増殖礁とその周囲にはムラサキウニが分布しており、投影面積当たりの分布密度は、貝殻基質 0.03 ~ 0.36 個体/m<sup>2</sup> (平均 0.16 個体/m<sup>2</sup>)、鋼材部 0.03 ~ 1.08 個体/m<sup>2</sup> (平均 0.42 個体/m<sup>2</sup>)、基礎コンクリート 0.14 ~ 1.37 個体/m<sup>2</sup> (平均 0.77 個体/m<sup>2</sup>)、周囲海底 (天然の礫底) で 1.15 ~ 2.12 個体/m<sup>2</sup> (平均 1.60 個体/m<sup>2</sup>) であり、貝殻基質と周囲の間には有意差が認められた (p<0.02)。また、各部材の表面積当たりの分布密度は、貝殻基質 0.01 ~ 0.18 個体/m<sup>2</sup> (平均 0.08 個体/m<sup>2</sup>)、鋼材部 0.02 ~ 0.62 個体/m<sup>2</sup> (平均 0.24 個体/m<sup>2</sup>)、基礎コンクリート 0.12 ~ 1.10 個体/m<sup>2</sup> (平均 0.62 個体/m<sup>2</sup>) であった。海藻類については、貝殻基質で貝殻増殖礁設置時に取り付けたアラメ種苗の生長が確認され、基

礎コンクリートや周囲の海底にはホンダワラ類が点在していた。

### (3) 三重県大紀町

貝殻増殖礁とその周囲にはガンガゼが分布しており、投影面積当たりの分布密度は、貝殻基質 0 ~ 1.44 個体/m<sup>2</sup> (平均 0.69 個体/m<sup>2</sup>)、鋼材部 0 ~ 1.78 個体/m<sup>2</sup> (平均 0.63 個体/m<sup>2</sup>)、基礎コンクリート 0.35 ~ 5.49 個体/m<sup>2</sup> (平均 2.56 個体/m<sup>2</sup>)、周囲海底 (天然の岩礁) 7.45 ~ 15.67 個体/m<sup>2</sup> (平均 11.55 個体/m<sup>2</sup>) であり、各部材と周囲の間には有意差が認められた (P<0.01)。また、各部材の表面積当たりの分布密度は、貝殻基質 0 ~ 0.29 個体/m<sup>2</sup> (平均 0.14 個体/m<sup>2</sup>)、鋼材部 0 ~ 0.40 個体/m<sup>2</sup> (平均 0.14 個体/m<sup>2</sup>)、基礎コンクリート 0.30 ~ 4.72 個体/m<sup>2</sup> (平均 1.58 個体/m<sup>2</sup>) であった。海藻類については、貝殻増殖礁の貝殻基質および鋼材部にカジメが着生していたが、周囲岩礁はガンガゼの分布密度が高く、大型褐藻類の着生は確認できなかった。



図 2 貝殻増殖礁の周りに分布するガンガゼと  
貝殻増殖礁上面に着生するカジメ (三重県大紀町)

### 3. ウニ類の行動抑制についての検討

#### 1) ウニ類の基質選択性実験 (水槽実験)

##### A. 実験方法

水産大学校所有の 7 トン方形水槽 (長さ 200cm、幅 120cm、深さ 75cm) の中央に、貝殻基質 (直径 15cm、長さ 30cm) とコンクリートシリンダー (直径 15cm、長さ 30cm) を各 1 個ずつ設置し、各基質の頂部にはアラメの葉上部 7g 前後を置いた。ウニ類は実験開始日の 9:00 に飼育水槽から実験水槽へ移し、18:00 ~ 翌日の 6:00 までの 12 時間の間、蛍光灯を点灯した状態でタイムラプスビデオを使用して連続撮影を行い、これをウニ類の種類ごとに 2 回繰り返した。ウニ類は、ガンガゼ類 (殻径 36 ~ 58mm) 7 個体、ムラサキウニ (殻径 41 ~ 61mm) 13 個体、バフンウニ (殻径 30 ~ 43mm) 19 個体を使用した。

##### B. 実験結果

#### (1) 這い上がり回数

ガンガゼ類では若干コンクリートシリンダーへの這い上がり回数が貝殻基質よりも多く確認されたが、ムラサキウニ、バフンウニではほとんど差は見られず、全体として基質による行動の明確な差異は確認できな

表 3 ウニ類の基質這い上がり回数 (平均値 n=2)

	貝殻基質	コンクリート
ガンガゼ類	4	6.5
ムラサキウニ	1.5	0
バフンウニ	0.5	0.5
平均	2.0	2.3

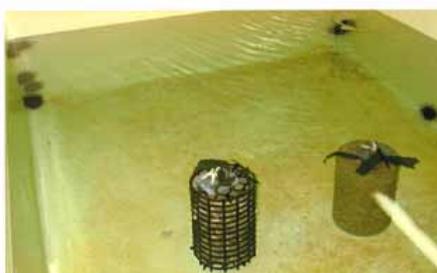


図 5 水槽実験の状況

かった。また、ムラサキウニ、バフンウニについては登頂回数が少なかったため、実験後もアラメを付けたまま 3 ~ 6 日放置したところ、いずれの基質においてもアラメにウニ類の噛み跡が認められた。

#### 2) ウニ類の付着力実験

##### A. 実験方法

付着力実験には、愛媛県愛南町海域で採集したムラサキウニを使用した。海水を入れた容器内に貝殻基質、建築用のコンクリートブロックを設置し、これらの表面にウニ類を載せて付着させた。次にウニが付着した面が鉛直になるように基質を立て、輪状にしたタコ糸をウニに掛け、鉛直方向にウニが基質から剥がれるまで引っ張り、デジタルスケールで剥離した瞬間の力を記録した。

##### B. 実験結果

各基質におけるウニ類の付着強度は、貝殻基質で 0.17 ~ 1.15kg (平均 0.6kg)、コンクリートブロックで 1.18 ~ 3.30kg (平均 2.0kg) となり、貝殻基質の付着強度はコンクリートブロックの約 1/3 程度であった ( $p < 0.03$ )。

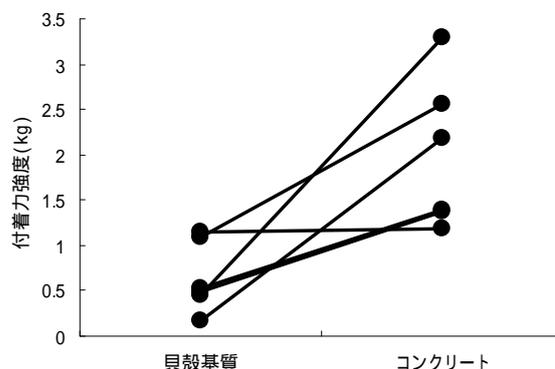


図 3 ウニ類の付着強度



図 4 付着力実験の状況

#### 4. 貝殻増殖礁とウニ類の分布制限効果とその過程に関する考察

現地調査を実施した 3 海域のうち、とくに南三陸町、大紀町海域は天然岩礁におけるウニ類の分布密度が顕著に高く、大型褐藻類がほとんど見られない磯焼け状態にあった。そのような状況下において、貝殻増殖礁では周囲海底に比べるとウニ類の分布密度が低く、とくに貝殻基質ではその傾向が顕著であり、大型褐藻類の着生についても、南三陸町ではアラメやマコンブが大紀町ではカジメの着生が確認された。尾鷲市においてもアラメ種苗の生長が確認されており、分布していたムラサキウニによる顕著な食害は認められなかった。以上のことから、貝殻増殖礁、とくに貝殻基質には何らかの要因によりウニ類の行動を抑制する効果があるものと考えられた。その一方、水槽実験では明確な効果は認められなかったが、付着力実験においては平滑なコンクリート部材と比較すると付着力が弱いことが確認された。ウニ類の行動については、磯焼けの要因の一つとされていることもあり、これまでに様々な研究が行われ知見が得られている。川俣 (2001)<sup>1)</sup> は、振動流水槽を使用した実験によりウニ類の摂食限界となる流速振幅は最大 0.4m/s との見解を示している。北海道水産試験場では、流速が 15cm/s を超えるとエゾバフンウニは構造物の下方に移動する<sup>2)</sup> ことや、流速 2.5cm 以下では直径 2mm のロープでも移動が可能である<sup>3)</sup> ことが報告されている。上記の知見および本研究における調査・実験結果を鑑みると、波浪や潮流による流動が小さい海域では人工増殖礁の形状がとくにウニ類の行動を制御する可能性は低い。本件における 3 海域はいずれも太平洋に面した浅場で常に周期の大きな波浪の影響を受けるため、とくに南三陸町と大紀町では高さ 2m ある鋼材の柱をウニ類が登る機会が少なかったことが影響し、アラメやカジメに対する食圧が抑制されたものと考えられた。貝殻基質と鋼材における分布密度の差については、ウニ類の付着しやすさ(付着力)による影響が考えられた。

川俣ら (2015)<sup>4)</sup> は、藻場形成における栄養カスケードの重要性を指摘しており、高知県海域においてイセエビの分布の有無によるウニ類の分布密度の差を示している。大分県海域においても、貝殻増殖礁の設置後にイセエビが増加し、周辺環境を含めてクロメが繁茂するようになった事例も著者らは確認している。人工増殖礁を設置することにより多様な水産生物が生息するようになり、その中でイセエビのようなウニ類に対する捕食者が増え、ウニ類の生息密度を抑制する可能性がある。結果として海藻に対する食圧が軽減され、

人工増殖礁による漁場造成が藻場の回復の一助となることを期待される。また、大紀町では、貝殻増殖礁の設置から 9 年 7 カ月以降も潜水目視による調査でカジメの継続した着生を観察しており、着定基質としての効果が長期にわたり持続することも確認されている。

#### 5. おわりに

本研究においては、人工増殖礁、とくに貝殻基質におけるウニ類の行動抑制効果についての検証を試み、波浪等による流動環境下においては十分に可能性があることを示すことができた。しかし、付着力についてはムラサキウニで示されたのみであり、貝殻基質のウニ類の行動抑制に関するメカニズムが解明されたとは言えない。また、貝殻基質には十脚類や多毛類、小型貝類など多種多様な小型無脊椎動物が生息することが知られており、これらの動物による影響も考えられる。今後は、前述の栄養カスケードの視点も加え、人工増殖礁によるウニ類の行動抑制を含めた藻場の保全・回復に対する調査研究を継続していく。

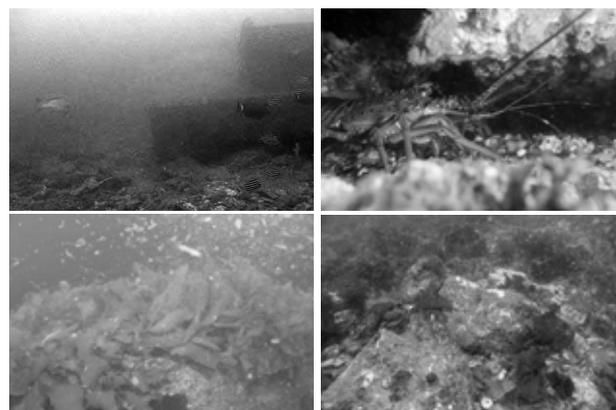


図 6 大分県海域に設置された貝殻増殖礁

左上：設置直後、右上：蟻集したイセエビ  
左下：鋼製貝殻増殖礁に着生したクロメ  
右下：周囲海底にもクロメが着生

#### 参考文献

- 1) 川俣茂：北日本沿岸におけるウニおよびアワビの摂食に及ぼす波浪の影響とその評価。水研センター研報，1，pp59-107，2001。
- 2) 北海道立総合研究機構水産研究本部：ウニ行動に対する流速の影響，試験研究は今 No.721，2012。
- 3) 北海道立水産試験場：ウニ食圧制御機能を有する藻場造成施設の開発，pp1-2，2004。
- 4) 川俣茂他：藻場形成における栄養カスケードの重要性 我が国初の事例研究，日本藻類学会第 39 回福岡大会発表要旨，藻類 63，pp58，2015。