

石材の再配置による投石漁場の機能回復

林田 宜之・後川 龍男^a・梨木 大輔
(水産海洋技術センター)

筑前海では、近年、植食性動物の増加による局所的な藻場の衰退が確認されている。中でも、過去に造成した一部の投石漁場では、石材の間隔が狭いため、漁業者によるウニ類等の食害種の駆除が物理的に行えず、藻類の減少による磯根生物の餌場としての機能や水質浄化の機能が低下している。そこで、この投石漁場の石材を再配置することで、造成漁場の機能回復が可能か検討した。調査は、付着生物量、流況の改善効果、海藻の生育状況、食害種と有用種の生息密度について実施した。石材の間隔を空けて再配置した結果、流況が改善され、食害種のムラサキウニは生息密度が 2 個体/m² 以下に抑えられた。また、石材の付着生物の少ない面が露出することで、アラメ類などの多年生褐藻類が着生し、生長し、藻場の回復への兆候が認められた。有用種の生息密度は元の投石漁場と同等にまで回復し、再配置の効果がみられた。

キーワード：投石，機能回復，再配置，漁場造成，藻場，ムラサキウニ

筑前海は外海に面した海岸や離島に岩礁域が広がり、アラメ類やホンダワラ類が優占する藻場が形成されている。ここにはアワビ類（クロアワビ *Haliotis discus discus* およびメガイアワビ *Haliotis gigantea*）、サザエ *Turbo sazae*、ウニ類（アカウニ *Pseudocentrotus depressus*、バフンウニ *Hemicentrotus pulcherrimus*、ムラサキウニ *Anthocidris crassispina*）、マナマコ *Apostichopus armata* などの磯根漁業の重要種が多く生息し、海士漁や磯見漁の漁場となっている。また、藻場は様々な水生生物の成育場や産卵場、餌場としての機能を持ち、栄養塩吸収や炭素固定、酸素供給等の水質浄化作用を持つ。

日高ら¹⁾は、2013～2015 年の筑前海における藻場分布調査で、1976～1978 年の調査に比べて、4.3%の藻場が減少し、この原因は 2013 年夏季の高水温によるアラメ類の枯死とガンガゼ類、ムラサキウニによる食害であると報告している。このような現状に対し、ソフト対策としては、水産多面的機能発揮対策事業等を活用し、漁業者によるウニ駆除や母藻投入といった藻場保全活動が行われている。また、ハード対策としては、投石による藻場造成が各地先で行われている。しかし、2009 年以前に整備した投石漁場の一部は、磯根資源の保護を目的として設計され、石材が密に配置されている。そのため、漁業者のウニ駆除による漁場の機能保全活動が物理的に行えず、ウニ類の食害が増えることで海藻が減少し、漁場機能が

低下している。

川俣²⁾は、キタムラサキウニ *Strongylocentrotus nudus* やバフンウニでは、流速振幅が強いほど摂餌速度が低下すると報告している。これを利用し、福岡県では 2010 年以降、絶対流速が 15cm/s 以上になるように投石漁場を設計し、効果をあげている。

そこで、本研究では石材が密に配置された既存投石漁場において、石材の空隙を広めて再配置することで流況を改善させ、ウニ類の食圧低減により藻場回復に繋がるか試験を実施した。

方 法

調査海域および調査対象である投石の構造図を図 1, 2 に示した。調査は、福岡県糸島市野北地先にある投石漁場で行った。この投石漁場は 1996～1997 年にかけて施工され、アワビ稚貝の成育に適した 100～300kg 石の区画とアカウニ等に適した 500～700kg 石の区画、アワビ類とサザエに適した 1 t 石の区画に分かれている。このうち、1 t 石の区画はアワビ類、サザエの定位できる空間を増やすため、石材が 2～3 段に積まれている。

石材の再配置は 2018 年 12 月 20 日に実施した。実施範囲は投石漁場の南西側 1 t 石の区画の約 1,000m² (20×50m) の範囲である。石材は一度ガット船に取り上げ、元の場所に 10m 延長して 200m² 加えた範囲 (20×60m) に 1 段積

^a 限所属：豊前海研究所

みで空隙を広げて再配置した（以下、再配置区）。また、余った石材を用いて約 100m²（10×10m）の投石漁場を近隣の天然藻場に隣接するように設置した（以下、増設区）。

1. 付着生物調査

2018 年 12 月 20 日に石材をガット船に取り上げた際、25×25 cm の方形枠内の坪刈りにより付着生物を採集した。

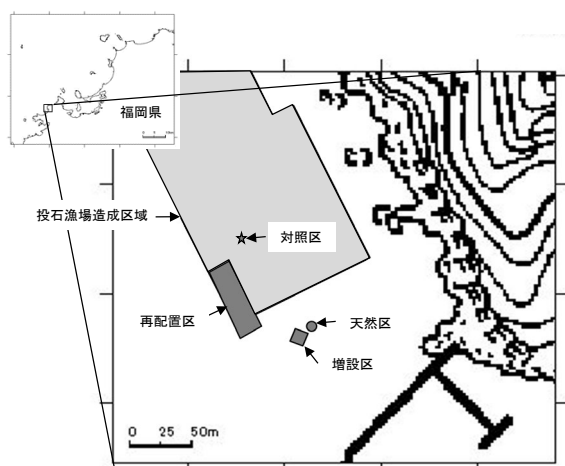


図 1 調査海域

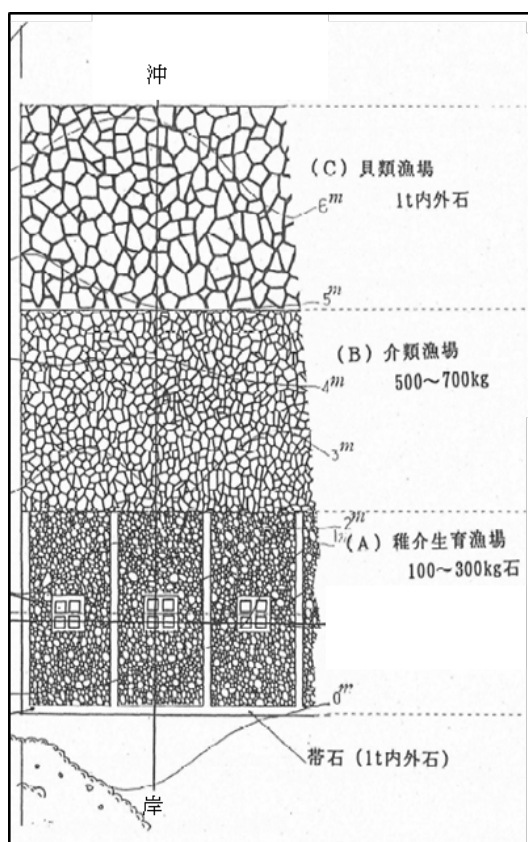


図 2 投石漁場の構造図

採集物は持ち帰り、可能な限り下位まで分類し、湿重量を計測した。

2. 石膏半球による流速調査

石材の再配置による流速の改善効果を検証するため、石膏半球（株式会社マツイ製）による流速の推定を行った。調査場所は再配置区と増設区に加え、再配置区から約 20m 離れた既存の投石漁場内に対照区を設定し、各試験区にそれぞれに 3 個の石膏半球を用いた。石膏半球は 10kg の建材ブロックに結束バンドで固定し、石材の隙間に静置した。石膏半球は、2019 年 1 月 30 日に設置し、2019 年 2 月 7 日に回収した。また、この浸漬期間中に、連続記録計（onset 社製）で水温を記録した。回収した石膏半球は室内に静置して重量が減少しなくなるまで乾燥させ、それぞれの質量を測定の上、川俣³⁾に従い、以下の式から有義流速振幅を推定した。

$$\text{平均溶解速度 } \bar{R} (\text{mm/日}) : \bar{R} = \frac{d_0}{2L} \left[1 - \left(\frac{m_L}{m_0} \right)^{1/3} \right]$$

ここで、 L は浸漬時間（日）、 d_0 は石膏半球の初期直径（mm）、 m_0 と m_L はそれぞれ石膏の初期質量（g）と残質量（g）である。

$$\text{絶対流速} : \bar{U}_{\text{abs}} = a\bar{R} + b$$

a と b は実験係数であるが、波動流の卓越する流動場では、5～17℃ の水温範囲で、 $\bar{U}_{\text{abs}} = 18.27\bar{R}$ に近似する。石膏半球設置期間の平均水温は 13.5 度であったことから今回は $\bar{U}_{\text{abs}} = 18.27\bar{R}$ を用いた。

$$\text{2 乗平均平方根（エネルギー平均）流速} : \bar{U}_{\text{rms}} = \alpha \bar{U}_{\text{abs}}$$

$$\text{流速振幅の 2 乗平均平方根} : \bar{U}_m = \beta \bar{U}_{\text{rms}}$$

$$\text{有義流速振幅} : \bar{U}_{\text{max}, s} = \gamma \bar{U}_{\text{rms}}$$

ここで、 α 、 β 及び γ は流動による特性値で、波動流の卓越する流動場では $\alpha \approx 1.2$ 、 $\beta = \sqrt{2}$ 、 $\gamma = 2.0$ となる。

3. 海藻の生育状況調査

海藻の生育状況調査は、2018 年 12 月から 2020 年 10 月まで 1～3 カ月ごとに実施した。調査点は再配置区と増設区に加え、海藻の回復指標として、タネの供給源になると考えられる増設区に隣接した天然藻場（以下、天然区）を設定した。各調査点で 50×50 cm の方形枠内で海藻の坪刈りと景観被度の記録を行った。坪刈りした海藻は持ち帰り、可能な限り下位まで分類し、アラメ類、ホンダワラ類、ワカメ *Undaria pinnatifida* については本数と湿重量を、その他の海藻については湿重量のみを記録した。

4. 食害生物および有用生物の生息密度調査

2018 年 12 月から 2020 年 10 月まで 1～3 カ月ごとに対

照区、再配置区、増設区において、1×10mのライントランセクト調査を実施し、食害生物としてガンガゼ類とムラサキウニ、有用生物としてアワビ類とサザエの生息密度を記録した。初回の調査では、再配置区および増設区では食害生物が出現しなかった。そこで、ステンレスチェーンを用いて3×3mの常設コドラートを設定し、ムラサキウニを対照区の密度と同等になるように移植して、以降これを追跡した。このとき、コドラート内のムラサキウニの生息密度の変化が移植のストレスによるへい死でないことを確かめるため、第2回調査では、コドラート内のへい死殻の計数もあわせて行った。

結 果

1. 付着生物調査

坪刈り調査で出現した生物および1m²あたりの湿重量を表1に示した。4回の坪刈りで出現した付着生物は2～6種、付着量は844.8～15065.6g/m²であった。すべて

表1 付着生物の湿重量

項目	湿重量 (g/m ²)			
	No.1	No.2	No.3	No.4
イガイ	68.8			216.0
イワガキ			13956.8	
ヒオウギガイ			19.2	
クロイソカイメン				3432.0
レイシガイ			83.2	766.4
カンザシゴカイ科				406.4
フジツボ科	776.0	433.6	51.2	172.8
アミコケムシ科		350.4	136.0	
カニノテ属				148.8
残渣		1556.8	819.2	3552
合計	844.8	2340.8	15065.6	8694.4

のサンプルから出現したのはフジツボ科 Balanidae であり、質重量が多かったのはイワガキ *Crossostrea nippona* とクロイソカイメン *Halichondria okadai* であった。また、海藻は No. 4 にカニノテ属 *Amphiroa* sp. がわずかに出現しただけであった。

2. 石膏半球による流速調査

推定された各試験区の流速のパラメーターを表2に示した。有義流速振幅の平均値と標準偏差は、再配置区で15.85±1.6cm/s、増設区で24.91±3.1cm/s、対照区で6.82±0.3cm/sであり、対照区と比較して再配置区では約2.3倍、増設区では約3.7倍となった。

3. 海藻の生育状況調査

各試験区の花藻現存量、大型花藻被度、アラメ類の生育密度、出現花藻種数の推移を図3～6に示した。また、2019年5月、2019年7月、2020年7月に出現した花藻の一覧を表3に示した。

再配置区では、施工直後の調査では花藻は出現せず、花藻現存量は2019年5月にピークを示し、同7月に大きく減少した。その後緩やかに増加を続け、2020年10月時点で1,164.0g/m²となった。大型花藻被度は、2019年5月以降20%前後で推移しているが、2019年7月と2020年2月に減少しており、2020年10月時点では25%となった。アラメ類の生育密度は、2019年5月にピークを示し、同7月に大きく減少した。その後、2020年5月にかけて増加傾向を示したものの、同7月に再び減少し、同10月時点で8本/m²となった。出現した花藻の種数は、概ね増加傾向を示しながら調査期間中5～13種で推移し、2020年2月に最も多い13種を記録した。出現した花藻の現存量上位3種は、2019年5月がワカメ、クロメ *Ecklonia kurome*、アカモク *Sargassum horneri*、2019年7月がク

表2 流速のパラメーター

調査点	初期重量	回収後重量	平均溶解速度	絶対流速	エネルギー平均流速	流速振幅の二乗平均平方根	有義流速振幅
対照区	210.6	190.54	0.16	3.00	3.60	5.09	7.19
	211.11	192.79	0.15	2.72	3.27	4.62	6.53
	211.47	192.59	0.15	2.80	3.36	4.76	6.73
再配置区	211.7	170.37	0.35	6.38	7.66	10.83	15.31
	211.97	173.33	0.32	5.93	7.11	10.06	14.22
	211.14	163.22	0.41	7.51	9.01	12.75	18.03
増設区	211.97	147.96	0.56	10.32	12.38	17.51	24.76
	211.25	155.87	0.48	8.80	10.56	14.94	21.13
	211.38	138.46	0.66	12.02	14.42	20.39	28.84

ロメ, アラメ *Eisenia bicyclis*, ノコギリモク *Sargassum macrocarpum*, 2020 年 7 月がクロメ, カニノテ属, ヤツマタモク *Sargassum patens* であった。

増設区では, 施工直後の調査では海藻は出現せず, 海

藻現存量は 2019 年 5 月にピークを示し, 同 7 月に大きく減少した。その後緩やかに増加を続け, 2020 年 10 月時点で $1,300.0\text{g}/\text{m}^2$ となった。大型海藻被度は, 2019 年 3 月に 50%, 同 5 月に 40% と高い値を示し, その後 25% 前後

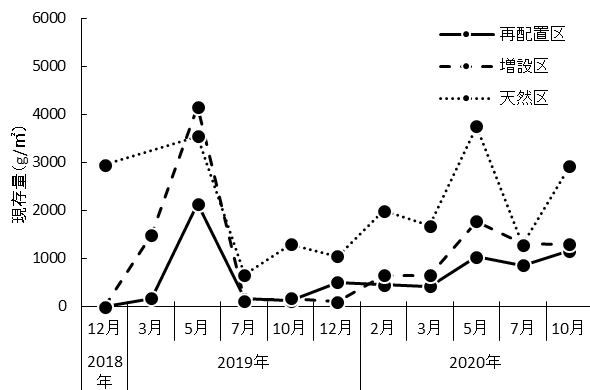


図 3 海藻現存量の推移

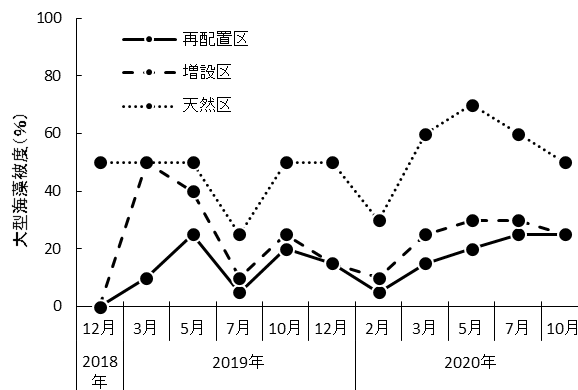


図 4 大型海藻被度の推移

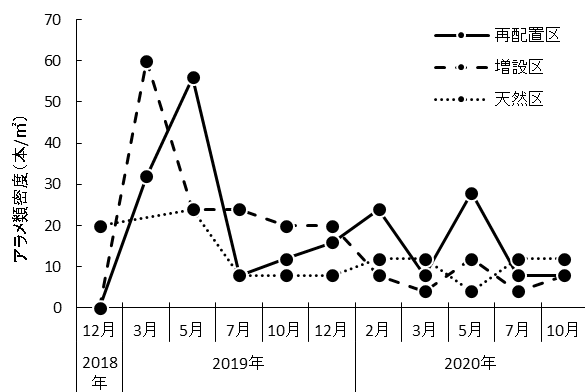


図 5 アラメ類生育密度の推移

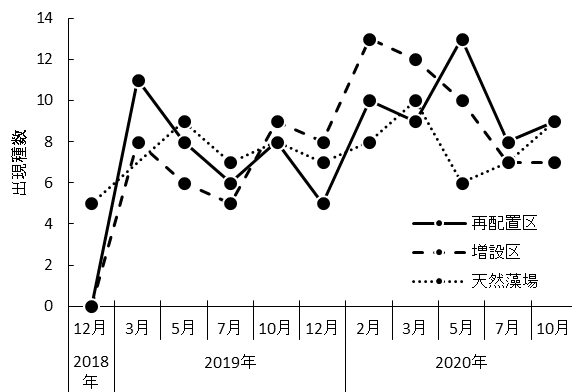


図 6 海藻の出現種数の推移

表 3 出現した海藻の種類と現存量

種	湿重量 (g/m²)								
	2019年5月30日			2019年7月23日			2020年7月19日		
	再配置区	増設区	天然区	再配置区	増設区	天然区	再配置区	増設区	天然区
アラメ	88	448	1248	50	81			378	594
クロメ			920	96		449	392		
ワカメ	1916	3700	1096						
ヤツマタモク						1	125	756	
ノコギリモク				9		56	10		
ヤナギモク	4		124		4.8	100	1		27
トゲモク									500
マメタワラ									52
イソモク			20						12
ホンダワラ		224						84	100
アカモク	32		116		9	12		1	
アミジグサ		4							
シマオウギ	1	1	1	1			27		
ウミウチワ							48		
フクロノリ	8								
ユカリ	8		4	1	24			392	
サンゴモ	76	4	16			3		58	
カニノテ属	8			1	1	40	261	24	3
エツキイワノカワ							1		

で推移して2020年10月時点で25%となった。アラメ類の生育密度は、2019年3月にピークを示し、その後、20本/m²程度で推移していたが、2020年2月以降再び減少し、2020年10月時点で8本/m²となった。出現した海藻の種数は、調査期間中5～13種で推移し、2020年2月に最も多い13種を記録した。出現した海藻の現存量上位3種は、2019年5月がワカメ、クロメ、ホンダワラ *Sargassum fulvellum*、2019年7月がアラメ、ユカリ *Plocamium telfairiae*、アカモク、2020年7月がヤツマタモク、アラメ、ホンダワラであった。

天然区では、海藻現存量は2019年5月にピークを示した後、7月に一旦減少したが、翌年5月にかけて再び増加する傾向を示し、2020年10月時点で2916.0g/m²となった。大型海藻被度は、調査期間中ほとんどが50%以上であったが、2019年7月に25%、2020年2月に30%と低い値を示した。アラメ類の生育密度は、2019年5月から7月にかけて減少し、その後10本/m²前後で推移して、2020年10月時点で12本/m²となった。出現した海藻の種数は、調査期間中5～10種で推移し、2020年3月に最も多い10種を記録した。出現した海藻の現存量上位3種は、2019年5月がアラメ、ワカメ、クロメ、2019年7月がクロメ、ヤナギモク *Sargassum coreanum*、ノコギリモク、2020年7月がアラメ、トゲモク *Sargassum micracanthum*、ホンダワラであった。

4. 食害生物および有用生物の生息密度調査

再配置区および増設区に移植したムラサキウニの生息密度の推移と対照区のライントランセクト調査によるムラサキウニの生息密度の推移を図7に示した。

再配置区の3×3mのコドラート内に移植したムラサキウニの生息密度は、調査開始2カ月で7.2個体/m²から2.7個体/m²に減少した。このとき、コドラート内で発見された死殻は1個体のみであった。調査開始6カ月以降は、1.0個体/m²前後で推移し、21ヶ月経過時点では0.8

個体/m²であった。なお、2020年10月時点でコドラート外の生息密度は1.0個体/m²であった。

増設区の3×3mのコドラート内に移植したムラサキウニの生息密度は、調査開始2カ月で7.2個体/m²から4.1個体/m²に減少し、このときコドラート内には死殻は発見されなかった。その後、6ヶ月後には1.3個体/m²まで減少したが、2019年10月調査時にコドラートが喪失していたため、同12月に再びコドラートを設置し、10個体/m²になるよう移植した（以下、増設区2）。増設区2では、調査開始2カ月で2.2個体/m²に減少し、10ヶ月経過時点で1.8個体/m²であった。なお、2020年10月時点でのコドラート外の生息密度は1.1個体/m²であった。

対照区のムラサキウニの生息密度は、調査開始14カ月まで6.7個体/m²前後で推移した。その後、増加傾向を示し、19カ月後に12.1個体/m²と高い値を示した。22ヶ月経過時点での生息密度は7.6個体/m²であった。

有用生物について、各試験区のサザエの生息密度を図8に、アワビ類の生息密度を図9に示した。

再配置区のサザエの生息密度は、施工直後を除き0.5～1.2個体/m²で推移した。アワビ生息密度は0～0.1個体/m²で推移し、9回の調査の内6回で生息が確認された。

増設区のサザエの生息密度は、施工直後を除き0.7～6.5個体/m²で推移した。サザエの生息密度は2019年7月

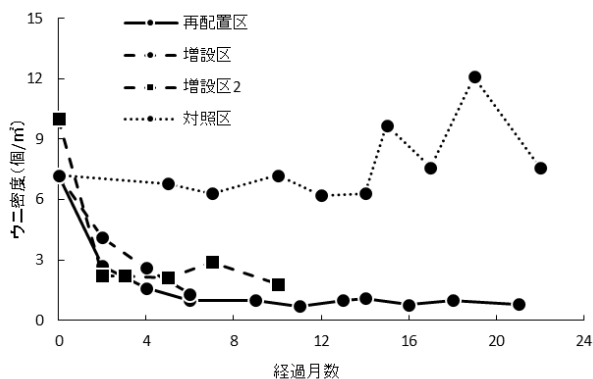


図7 ムラサキウニ生息密度の推移

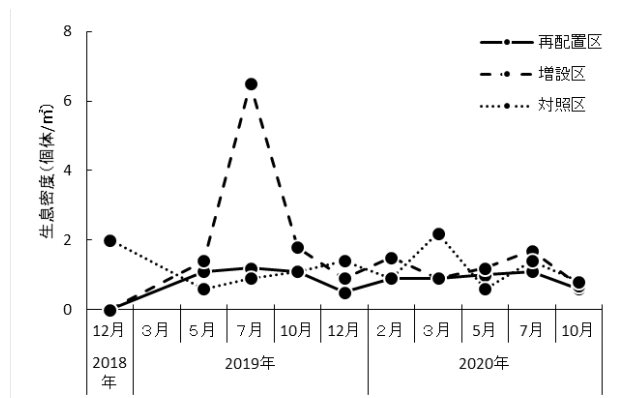


図8 サザエ生息密度の推移

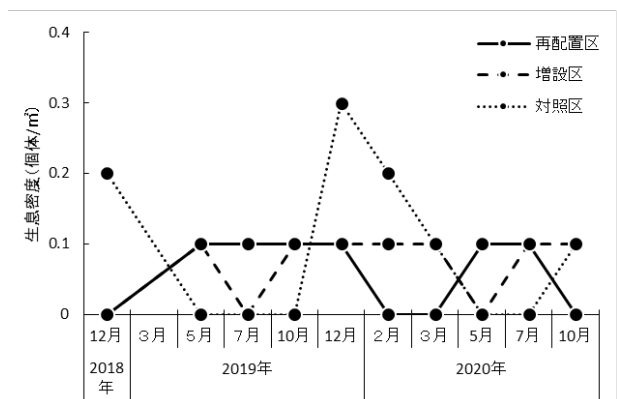


図9 アワビ生息密度の推移

調査時のみ突出して高かった。アワビ生息密度は0～0.1 個体/m²で推移し、9回の調査の内7回で生息が確認された。

対照区のサザエの生息密度は0.6～2.2 個体/m²で推移した。アワビ生息密度は0～0.3 個体/m²で推移し、9回の調査の内4回で生息が確認された。

考 察

本研究を行う前提として、投石の再配置には3つの点から投石漁場の機能回復効果があると見込まれていた。1点目は、隣接する石材や海底と密着していた付着物の少ない面が新たに露出することで、海藻が着生しやすい基質が生まれることである。付着生物調査のうち付着量の少なかったNo. 1, 2は、フジツボ科とイガイ *Mytilus coruscus*, アミコケムシ科 Reteporidae がわずかに出現しただけであり、50～80%の岩肌が露出していた。このような面が新たな海藻の着生基質となることで、藻場の回復につながるものと考えられた。石材の再配置以外で既存投石の海藻着生基質を回復させる方法として、潜水による付着生物除去が考えられる。しかし、広大な投石漁場では潜水による付着物除去には莫大な時間と労力が必要であり、非効率的だと考えられる。類似した増殖場の機能回復例として、コンクリート製のヤリイカ産卵礁を船上に取り上げて付着物を除去する方法と水中で潜水夫が除去する方法では、船上に取り上げた方が効率がよいとしている⁴⁾。今回のような段積みの投石漁場の場合、石材への付着物が少ない面があるため、船上に取り上げた後、除去作業を行わなくとも再設置するだけで新たに海藻の着定基質が露出することから、より効率的な方法であると判断された。

2点目の機能回復効果は、石材の隙間を通る流速の増大によるウニ類の食圧低減である。石膏半球による流況調査の結果、石材の再配置により投石漁場内部の有義流速振幅を既存投石漁場の2.3～3.7倍に増幅できることが明らかとなった。川俣¹⁾は、流速振幅がバフンウニでは15cm/s、小型のキタムラサキウニでは20cm/s、大型のキタムラサキウニでは30cm/sを上回ると明らかに摂餌速度が低減すると報告している。今回推定した有義流速振幅は、再配置区で15.85cm/s、増設区で24.91cm/s、対照区で6.82cm/sであった。有義流速振幅は、流速振幅の上位1/3の平均値であることから、実際にはこの数値以上の流速で流れている時間帯があると考えられる。よって、再配置した投石漁場では石材が密に配置してある既存の投石漁場に比べ、ウニ類の食圧を下げる効果があると示唆された。加えて、ムラサキウニの生息密度が低く抑え

られたことも、大型褐藻類の着生、成長への一助になったものと考えられた。再配置区および増設区に移植したムラサキウニの生息密度は、経時変化に伴い減少したが、対照区では若干の増加傾向を示した。今井、児玉⁵⁾は、放流したムラサキウニは岩棚の内側、岩盤の亀裂や穴に蟄集し、岩盤の平らな部分や斜面には定住し辛いとしており、住み場固有の許容量を超えた個体は逸散している。このことから、再配置区と増設区では石材を1段積みにし、隙間を広げたことで、ムラサキウニが定住できる空間が減少し、密度低下につながったものと考えられた。また、2020年10月時点のコドラート外のムラサキウニの密度は、再配置区で1.0 個体/m²、増設区で1.1 個体/m²であった。施工後22カ月で、1m²あたりの自然増加した個体が約1個体しかいないことから、空隙の広い投石はムラサキウニの生息密度を抑制する効果があると考えられた。秋本ら⁶⁾は、ムラサキウニの現存量が700g/m²で藻場を減少させたと報告しており、菊池ら⁷⁾は、ウニ類の現存量が200g/m²以上になると藻場に大きな影響を及ぼすとしている。また、四井、前迫⁸⁾は、磯焼け帯の巻貝・ウニ類の現存量が400～440g/m²であったと報告している。調査の際、再配置区と増設区のコドラート内のムラサキウニを適宜、採集し測定したところ概ね殻径45～60mmの範囲であった。これを図10に示した福岡県遠賀郡波津地先のムラサキウニの殻長と重量の関係(未発表)から換算すると、1個体当たりの重量は41.3～90.8gであると考えられる。よって、再配置区と増設区ではムラサキウニの現存量は200g/m²以下であったと推定され、生息密度の低減が藻場の回復につながったものと考えられた。

また、海藻の生育状況調査の結果から、石材を再配置してムラサキウニの密度が低く保たれた投石漁場(再配置区、増設区)では、施工後、最初の春に単年生のワカメが繁茂し、その後、アラメ類やホンダワラ類など多年生褐藻類の着生、生長が回復することが確認された。筑

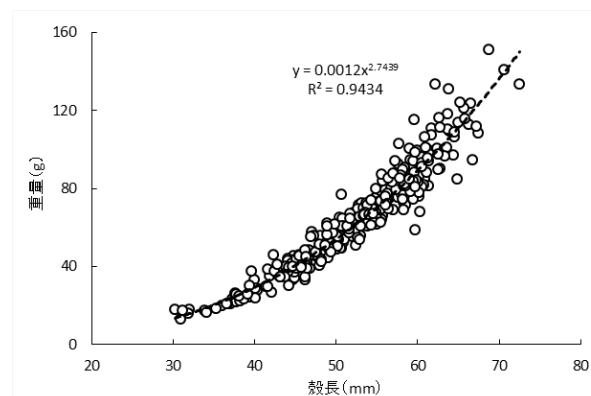


図10 ムラサキウニの殻長と重量の関係

前海では、投石漁場造成から3年でアラメ類が優占する藻場に遷移し、その後極相に至るとされている⁹⁾。施工後22カ月で、現存量は天然藻場に及ばないものの、種組成やアラメ類の生育密度は同等にまで増殖していることから、今後1~2年で、現在生育している多年生褐藻類が生長し、天然藻場と同等の藻場に遷移していくものと推察された。また、アラメ類に関しては、再配置から3カ月後の2019年3月に幼体の生育が確認されている。一般的にアラメ類の成熟期が10~11月であることから、遊走子が付着した状態で施工しても問題なく生長することが確認された。

3点目として、投石漁場の機能回復には漁獲対象となる磯根資源が維持されなければならない。2020年10月時点でのサザエの生息密度は、再配置区で0.7個体/m²、増設区で0.6個体/m²、対照区で0.8個体/m²であり、経時変化をみても2019年7月の増設区を除き各試験区とも1個体/m²程度で推移している。このことから、サザエに関しては既存の投石と比較しても遜色ない資源が維持できると考えられた。なお、増設区における2019年7月の突出して高い密度は、産卵のために謂集したものだと考えられた。阿井ら¹⁰⁾によれば、自然環境下で観察されたサザエの産卵においては、個体間の距離は約50cmで散在していたとしている。よって、産卵期に1m²の範囲で各個体が50cmの距離で存在した場合、最大6個体となる。今回観察されたサザエの密度は、6.5個体/m²であり、一般的に6~8月がサザエの産卵期であることから、生態的にも合致する。また、アワビ類の生息密度は、再配置区と増設区でどちらも最大0.1個体/m²、対照区では最大0.3個体/m²と大きな差はなかった。やや対照区が高かった原因は、多段積みになっている既存の投石漁場に比べ、1段積みで再配置した投石漁場はアワビ類が定位出来る空間が減少したためだと考えられた。ただし、今回試験した投石漁場では、石材の再配置後、漁場面積は1.3倍になるため、大きな資源の減少には繋がらないものと考えられた。

以上のことから、石材間の空隙が狭く、また、ムラサキウニの食害などにより藻場が減少した投石漁場では、

石材の再配置により機能回復が可能であることが明らかとなった。ただし、今回の結果では、海藻の生育状況は遷移の途中であることから、今後、長期的なモニタリングが必要である。

文 献

- 1) 日高研人, 森慎也, 梨木大輔, 後川龍男, 内藤剛. 筑前海における藻場の現状および藻場造成に関する研究. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2016 ; 26 : 47-55.
- 2) 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. 水産総合研究センター研究報告 2001 ; 1 : 59-107.
- 3) 川俣 茂. 石膏半球を用いた波動流速測定. 日本水産工学会学術講演会講演論文集 2001 ; 53-56.
- 4) 伊藤 靖, 三浦 浩, 吉野真史, 松本卓也, 武田真典, 橋本研吾, 井上雅博. 漁場施設の機能保全における課題. 日本水産工学会誌 2015 ; 52(1) : 37-44.
- 5) 今井利為, 児玉一宏. 海底地形とムラサキウニ分布密度との関係. 水産増殖 1994 ; 42(2) : 321-327.
- 6) 秋本恒基, 中本 崇, 渡辺大輔, 洲上 哲, 筑紫康博. 筑前海における藻場の遷移と現状. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2008 ; 18 : 65-75.
- 7) 菊池省吾, 浮 永久, 秋山和夫, 鬼頭 釣. アワビ餌料藻類の造林技術に関する研究, 浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究. 昭和 48 年度報告資料集, 東北水研. 1974, 12-21.
- 8) 四井敏雄, 前迫信彦. 対馬東岸の磯焼け帯における藻場回復実験. 水産増殖 1993 ; 41(1) : 67-70.
- 9) 篠原直哉, 山田京平, 大形拓路. 福岡県における藻場・干潟ビジョンの考え方. 日本水産工学会誌 2018 ; 55(1) : 71-75.
- 10) 阿井敏夫, 野中 忠, 佐々木正. サザエの産卵と発生—I. 産卵行動観察の一例. 日本水産学会誌 1964 ; 30(10) : 828-830.