

新たな海藻の採苗基質の検討

森 慎也・日高 研人・後川 龍男^a
(研究部)

近年、筑前海でも植食性動物の食害等による藻場の衰退が確認されている。そのため各地先で漁業者による藻場回復に向けての保全活動が実施されている。しかし、その藻場保全活動の多くは植食性動物の駆除が主体で、母藻投入などの藻場造成の活動は一部に留まっており、藻場の衰退が著しい地先では、藻場の回復に苦慮している。そこで、本研究では素材や表面粗度の異なる基質を用いて、漁業者が現場で活用しやすい採苗基質について、植食性動物の進入頻度の室内実験及び海藻の採苗試験から新たな採苗基質を検討した。その結果、天然採苗では採苗基質の表面粗度と幼体着生数に正の相関がみられた。また、ブロック性状基質とマット性状基質の採苗数は天然及び人工採苗ともに同程度で、生残数はマット性状基質の方が良好であった。これにより、マット性状基質はブロック性状基質と比較して植食性動物の進入が少なく食害圧が軽減され、軽量で安価なことから、採苗基質としてはマット性状基質が有効であることが示唆された。

キーワード：藻場造成、植食性動物、採苗基質、表面粗度

藻場は幼稚仔保育場や産卵場、餌場といった様々な機能を持ち、沿岸域の生物生産を支えるとともに流れ藻や寄り藻となり炭素固定や栄養塩の移送に重要な役割を果たしている。近年、海況の変化、植食性動物による藻場への食害圧の増加など様々な要因により、全国的に沿岸域の藻場は減少しており、¹⁾水産資源の維持や海洋環境保全のために藻場造成技術の開発は重要な課題となっている。

筑前海でも2013年夏季に高水温によるアラムの大量枯死が発生するなど、²⁾藻場の衰退が確認されている。漁業者らは磯漁場の保全を図るため、2016年度は各地先で12組織が藻場の保全活動を実施している。しかし、その活動の多くはムラサキウニやガンガゼといった植食性動物の駆除が主体³⁾で、積極的な母藻投入などの藻場造成の取組は一部に留まっているのが現状である。一部の地先では漁業者による藻場造成として、簡易に実施できる母藻投入法が行われている。しかし、母藻投入法は実施期間が海藻の成熟期のみと短期間に限られることや、多量の母藻が必要であること、幼体の供給や着底が波浪などの自然条件に大きく左右されることなどから、漁業者らが実施する藻場保全の取組としては、活動し難い状況にある。一方、海藻種苗を採苗した基質を藻場の衰退域へ移設する種苗設置法では、自然条件での制約が

限られるため実施の効果が明確である。しかし、既製の海藻種苗は高価であるため、漁業者らが実施する藻場の保全活動では活動範囲が限られることや、従来のブロック性状の基質は重量物であるため作業には多くの労力を要するなどの課題があった。このため、コスト面及び作業効率で優れた採苗基質が求められている。本研究では漁業者らが保全活動で容易に実施しやすい海藻の採苗基質の開発を目的として、基質の植食性動物を用いた室内実験により基質別の進入頻度を比較し、素材や表面粗度など性状の異なる基質を用いて、天然採苗及び人工採苗による海域での育成試験の結果から基質の有効性を検討した。

方 法

採苗基質の検討は、表面粗度及び設置コストを比較し、ホンダワラ類とアラムを対象に天然採苗と人工採苗による採苗と育成試験を実施した。また、試験に供した各採苗基質の物理的特性について、表面粗度(Ra)の計測には表面形状測定システム(アメテック株式会社製テーラーホブソンPGI 1240)を使用し、算出にはガウシアンフィルタ800 μm を用いて各基質1回の試行を基質の表面粗度Raの代表値とした。また、基質の単位面積あ

^a 農林水産部園芸振興課

たりの設置コストを表1に示した。基質A～Fはそれぞれ表面粗度の異なるブロック性状のもの、基質Gはマット性状の基質で、安価で軽量な市販品のポリプロピレン製のタイルカーペットを用いた。

1. 天然採苗による基質の検討

(1) ホンダワラ類の基質別の天然採苗試験

漁港内に形成している藻場での天然採苗試験は、図1に示した福岡県宗像市大島宮崎港内で、2013年3月19日に表面粗度の異なるブロック性状基質A～Fを用いて採苗試験を行なった。基質は水深約2.8～4.0m地点に各基質をそれぞれ4個を設置した。採苗開始から357日後の2014年3月11日にSCUBA潜水によりホンダワラ類幼体の採苗数を計数した。

(2) ホンダワラ類の基質別の天然採苗と生育試験

前述の天然採苗試験と同様の場所において2014年4月21日に性状の異なる基質を用いて天然採苗を行った。採苗基質は前述の試験で採苗数の多かったブロック性状基質Dとマット性状基質Gを用いた。基質Gは安定して設置できるよう0.5mの鉄筋を両端に結束バンドで固定して敷設した。2種類の基質を1セットとして合計14セットを岩礁域を囲むように配置した。基質の設置水深は約4.5mであった。2015年2月21日に0.5m×0.5mコドラートを任意の場所に設定して、採苗基質を設置している海域の海藻組成を調査した。採苗開始から325日後の2015年3月12日にホンダワラ類幼体の着生状況をSCUBA潜水にて目視観察し計数し、併せて採苗基質を図1に示す宗像市大島西部海域に移設して採苗開始から525日後の2015年9月28日に追跡調査を実施し、着生している幼体の生残数をSCUBA潜水により目視にて計数した。

2. 人工採苗による基質の検討

(1) アカモクの基質別の人工採苗試験と海域での生育試験

大島地先で採取したアカモクを用いて、2014年6月16日に粉砕法⁴⁾により、基質別の人工採苗試験を行った。採苗基質はブロック性状基質A～Fとマット性状基質Gを用いた。屋外FRP3t水槽に各基質3個敷設し、ジョウロを用いて播種し育成した。採苗後約1週間は止水で育成し、その後、エアレーションして流水飼育した。1週間に1度の割合で幼体に付着する珪藻類を取り除くため水槽及び基質の清掃を行った。8月上旬から付着珪藻等の着生を防ぐため寒冷紗で水槽全体を覆って飼育した。採苗開始から147日後の2014年11月10日に各基質のアカモク幼体の採苗数と全長を測定し、図1に示した福岡県糸島市野北漁港内の水深約5.0mの海底に敷設した。基質Gは安定して設置できるよう50cmの鉄筋を両端に固定して敷設した。その後、月に1度の割合で2014年12月10日から2015年3月19日の期間にSCUBA潜水で、巻き尺を用いて各基質のアカモク幼体の全長を計測した。また、2015年3月19日には0.1×0.1mのコドラートを用いて各基質に生息している幼体の生残数を計測した。

(2) アラメのマット性状基質を用いた人工採苗試験と海域での生育試験

大島地先で2015年11月2日に採取したアラメを用いて、マット性状基質Gを用いて人工採苗試験を行った。採苗方法は採取したアラメを屋内で2時間乾燥させ、ろ過海水を溜めた30lパンライトに30分浸水させ、アラメの遊走子の放出を促進した。放出させた遊走子は目合い100 μ mのプランクトンネットでろ過して基質Gに播種して屋内のFRP1t水槽で育成した。採苗後の約1ヶ月間は止水で育成した。止水期間中は週に1度の割合でノリ糸状体培養様除藻栄養剤（第一製網株式会社製ポルフィラン-コンコ）を規定量添加した。その後は通気して流水飼育した。採苗開始から248日後の2016年7月7日に着生したアラメ幼体の採苗数と全長を測定した。採苗した基質には、植食性魚類の食圧を軽減させるため、加工しやすいマット性状基質の特徴を活用して、4.5cm

表1 試験に用いた海藻の採苗基質の物理的特性と設置コスト

	表面粗度Ra (μ m)	規格 (cm)	重量 (kg)	重量 (kg/m ²)	設置コスト (円/m ²)	
ブロック	基質A	2.3	30×30×2	4.3	47.8	7,211
	基質B	30.7	30×30×2	7.4	82.2	3,156
	基質C	80.3	30×10×5	3.2	106.7	7,600
	基質D	95.7	30×30×2	5.6	62.2	3,556
	基質E	102.5	30×20×5	9.8	163.3	3,300
	基質F	133.7	20×10×5	2.5	125.0	4,900
マット	基質G	173.8	50×50×0.5	0.5	2.0	1,132

海藻の採苗基質の検討

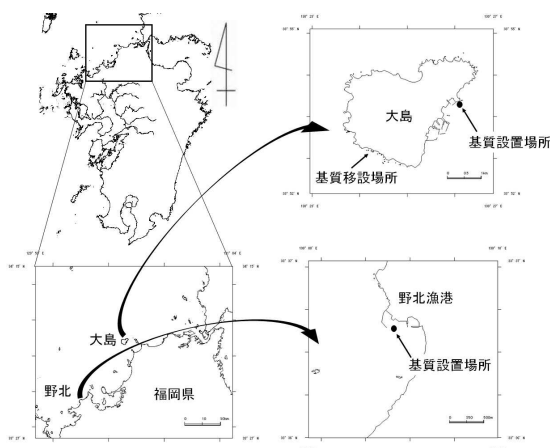


図1 天然採苗試験及び人工採苗試験実施場所

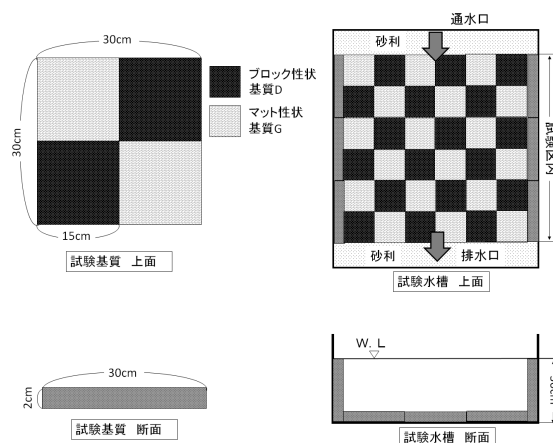


図2 植食性動物の室内実験に用いた基質及び基質配置図

の突起（突起間隔 2.5cm）が付いているポリプロピレン製の鳥類防止用有刺剣山型器具を水中ボンドで取り付けした。食圧軽減の加工を施した試験区と未加工の基質Gを対照区として図1に示す植食性魚類による食圧の高い福岡県宗像市大島西部海域及びウニ等の植食性動物の食害がみられる福岡県宗像市大島宇崎地先の海底に 2016年7月8日に水中ボンドで固定して設置した。その後、月に1度の割合で2016年7月8日から2016年9月27日の期間にSCUBA潜水で0.1×0.1mのコドラートを用いて基質上に生息しているアラメ幼体の生残数を計測した。

3. 植食性動物を用いた基質別の進入頻度の室内実験

屋外FRP 2t水槽で2015年11月6日に植食性動物を用いて基質別の進入頻度を室内実験を試みた。試験に供した植食性動物は藻場の保全活動で除去対象生物であり、活動海域の植食性動物の中で単位面積あたりの生息密度の高いムラサキウニ及びギンダカハマガイを用いた。基質には前述の天然採苗試験で着生数の多かったブロック性状基質D及びマット性状基質Gを用いた。基質D (30×30cm)の上面に基質G (15×15cm)を格子状に貼り付け図2に示す試験区を設けた。試験は流水下（試験期間中の水温は約19℃）で行い、水槽底面、壁面に試験基質を設置し、試験区外への移動を防ぐために試験区外には砂利を敷き詰めた。水深は試験水槽壁面に設置した試験基質の高さに調整した。進入頻度実験はムラサキウニとギンダカハマガイとを種別に行い、対象種をそれぞれ20個体用いて試験区域の中央に配置した。その後、30分間隔で計6回（180分）、各基質上に分布する個体数の計数及び供試個体の各基質への付着の有無を確認し、基質毎の進入頻度と基質に対する付着個体の

割合を求めた。試験区外に移動した個体は、計数回毎に試験区の中央部分に再び配置した。

結果

1. 天然採苗による基質の検討

(1) ホンダワラ類の基質別の天然採苗試験

天然採苗によるブロック性状基質の表面粗度とホンダワラ類幼体の採苗数の関係を図3に示した。基質別の平均採苗数は基質Aが0.0個体/m²、基質Bが33.3±20.8個体/m²、基質Cが108.6±76.0個体/m²、基質Dが103.7±33.9個体/m²、基質Eが131.3±114.9個体/m²、基質Fが293.3±122.2個体/m²であった。基質の表面粗度とホンダワラ類の幼体の着生数には正の相関がみられ、表面粗度が大きいほど幼体の着生数が多くなる傾向が示唆された。

(2) ホンダワラ類の基質別の天然採苗と生育試験

天然採苗による基質の性状別のホンダワラ類幼体の採苗数及び生残数を図4に示した。採苗数はブロック性状基質Dが44.6±59.0株/m²、マット性状基質Gが70.3±79.7株/m²であった。採苗から525日後（移設から201日後）の基質別のホンダワラ類の幼体の生残数は基質Dが10.7±27.2株/m²、基質Gが28.0±31.5株/m²であった。採苗基質を設置した天然礁の海藻生息重量及び採苗基質に着生したホンダワラ類の幼体の生息密度を表2に示した。採苗基質を設置した天然礁周辺は砂泥域の岩盤部分に海藻が繁茂している状態であった。天然礁の海藻の生息重量は、多年生大型海藻のホンダワラが11,852g/m²、ヤツマタモクが7,452g/m²、ヨレモクが1,664g/m²、ツルアラメが280g/m²、単年生大型海藻の

アカモクが 464g/m² であった。また、採苗基質に着生したホンダワラ類の幼体の生息密度は、基質Dはホンダワラが 35.7 個体/m²、ヨレモクが 8.9 個体/m²、基質Gではホンダワラが 54.9 個体/m²、ヤツマタモクが 12.3 個体/m²、ヨレモクが 3.1 個体/m² であった。

2. 人工採苗による基質の検討

(1) アカモクの基質別の人工採苗試験と海域での生育試験

人工採苗によるブロック性状基質の表面粗度とアカモク幼体の採苗数の関係を図5に示した。基質別の平均採苗数は基質Aは 9,167 ± 3,818 個体/m²、基質Bは 13,333 ± 1,443 個体/m²、基質Cは 10,833 ± 3,818 個体/m²、基質Dは 12,500 ± 2,500 個体/m²、基質Eは 11,667 ± 5,204 個体/m²、基質Fは 10,000 ± 6,614 個体/m² であった。

人工採苗による基質の性状別のアカモク幼体の採苗数及び生残数を図6に示した。採苗から276日後(設置から129日後)のアカモク幼体の生残数は基質Dが 833 ± 152.8 株/m²、基質Gが 2,133 ± 472.6 株/m² であった。漁港内への移設後のアカモクの平均全長の推移を図7に示した。移設時の2014年11月10日には平均全長が7.0cmであったが、採苗後177日の2014年12月10日では平均全長8.0cmとほとんど生長がみられなかった。しかし、2015年1月7日には平均全長22cmに生長し、ほぼ全ての個体で気泡の形成が確認された。その後、2月18日には急激に伸長し平均全長178cm、3月19日は平均全長388cm(最大540cm)に達して、ほぼ全ての個体で生殖器床が確認され成熟していた。

(2) アラメのマット性状基質を用いた人工採苗試験と海域での育成試験

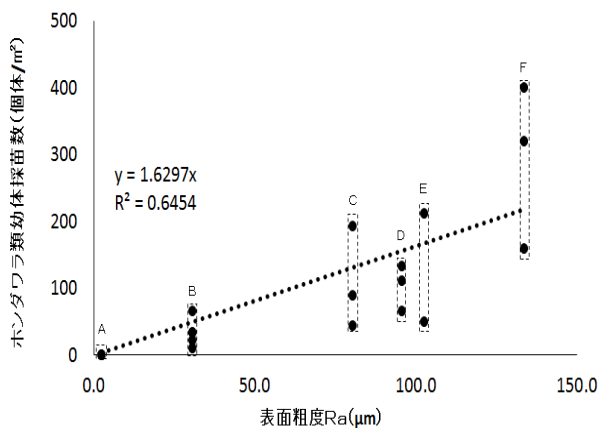


図3 天然採苗によるブロック性状基質の表面粗度とホンダワラ類幼体の採苗数の関係

大島西部海域における試験区別アラメ幼体の生残数を図8に示した。マット性状基質Gによるアラメ幼体の採苗数は 11,533 ± 1,285 株/m² であった。設置後の生残数は設置34日後の2016年8月6日で加工区が 1,700 ± 1,286 個体/m²、対照区が 170 ± 140 個体/m² であった。設置83日後の9月27日にはいずれの試験区でもアラメの幼体は確認されなかった。大島宮崎地先における試験区別アラメ幼体の生残数を図9に示した。マット性状基質Gによるアラメ幼体の採苗数は 11,533 ± 1,285 株/m² であった。設置後の生残数は、設置34日後の2016年8月6日で加工区が 3,680 ± 540 個体/m²、対照区が 3,480 ± 1,222 個体/m² であった。設置83日後の9月27日には加工区が 344 ± 34 個体/m²、対照区が 288 ± 113 個体/m² であった。

3. 植食性動物を用いた基質別の進入頻度の室内実験

ムラサキウニの基質別の累計進入個体数及び付着個体割合を図10に示した。6回目の計測時(180分後)には、ブロック性状基質Dに進入した個体は合計94個体であったのに対し、マット性状基質Gは合計28個体であった。また、基質Dに進入した94個体のうち61.7%が基質に付着していたが、基質Gでは基質に定位する個体はみられず、全ての個体が管足を伸ばした移動途中の状態であった。ギンダカハマガイの基質別の累計進入個体数及び付着個体割合を図11に示した。6回目の計測時(180分後)には、基質Dに進入した個体は合計102個体であったのに対して、基質Gには27個体であった。また、基質Dに進入した102個体のうち89.2%が基質に付着していたが、基質Gに付着した個体は確認されなかった。

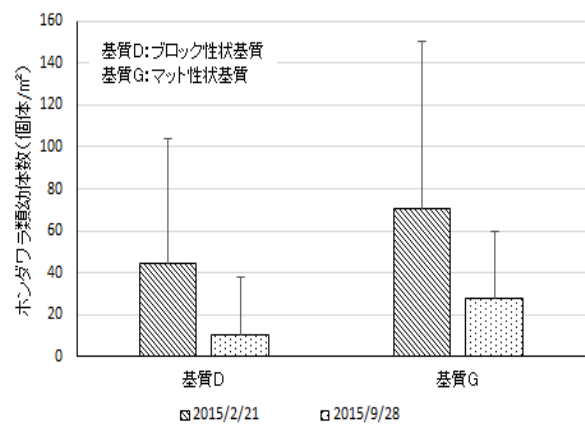


図4 天然採苗による基質の性状別のホンダワラ類幼体の採苗数及び生残数

海藻の採苗基質の検討

表2 天然礁の海藻生息重量及び採苗基質に着生したホンダワラ類幼体の生息密度

		2015/2/21	2015/3/12		
		天然礁	基質D	基質G	平均
分類	種名	生息重量 (g/m ²)	生息密度 (個体/m ²)		
大型多年生海藻	ホンダワラ	11,852.0	35.7	54.9	45.3
	ヤツマタモク	7,452.0	0.0	12.3	6.2
	ヨレモク	1,664.0	8.9	3.1	6.0
	ツルアラメ	280.0	0.0	0.0	0.0
大型単年生海藻	アカモク	464.0	0.0	0.0	0.0

基質D:ブロック性状基質 基質G:マット性状基質

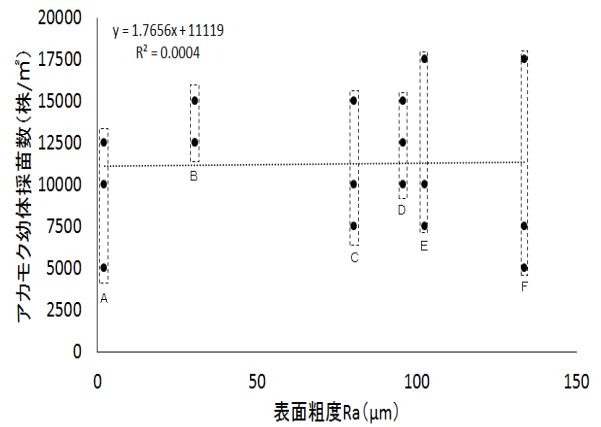


図5 人工採苗によるブロック性状基質の表面粗度とアカモク幼体の採苗数の関係

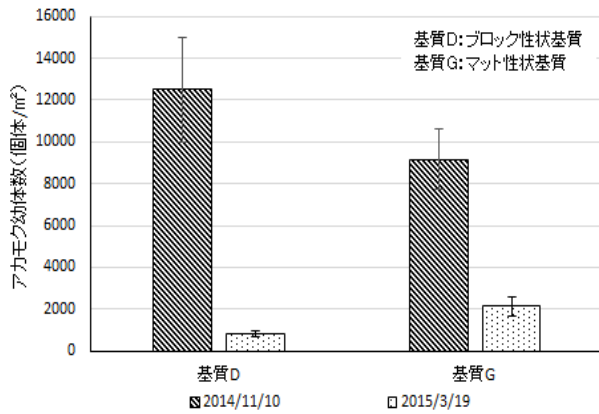


図6 人工採苗による基質の性状別のアカモク幼体の採苗数及び生残数

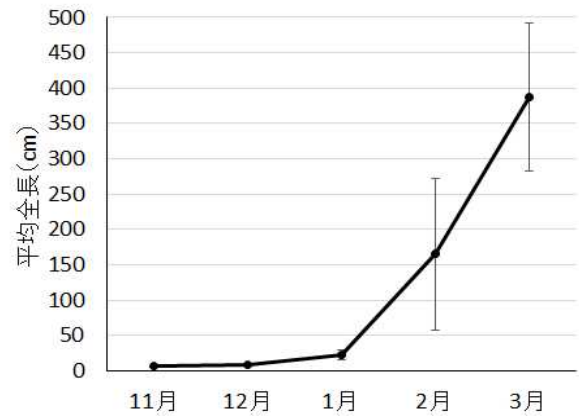


図7 漁港内への移設後のアカモク幼体の平均全長の推移

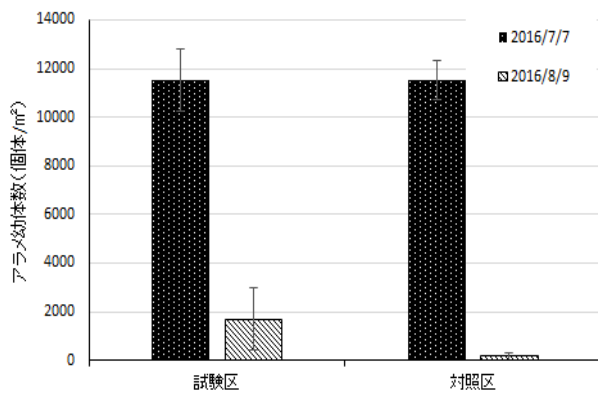


図8 大島西部海域における試験区別アラメ幼体の生残数

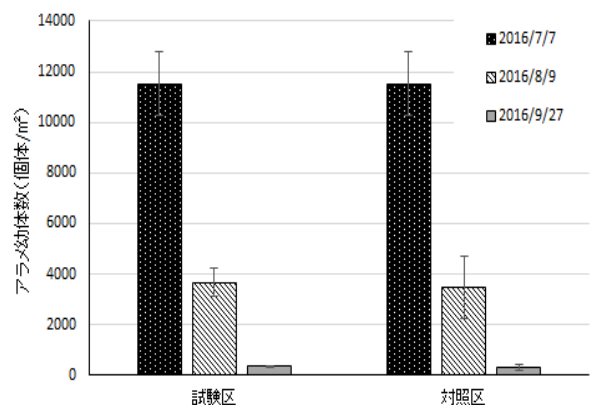


図9 大島宮崎地先における試験区別アラメ幼体の生残数

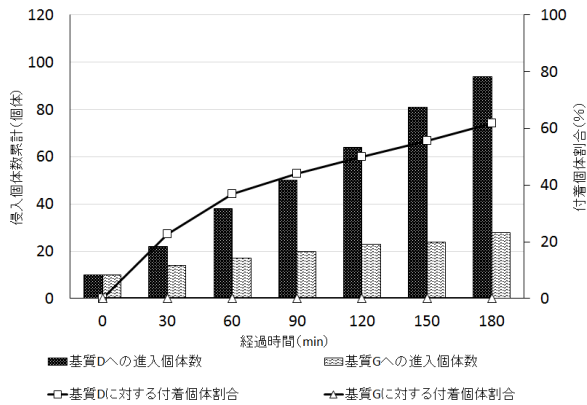


図 10 ムラサキウニの基質別の累計進入個体数及び付着個体割合

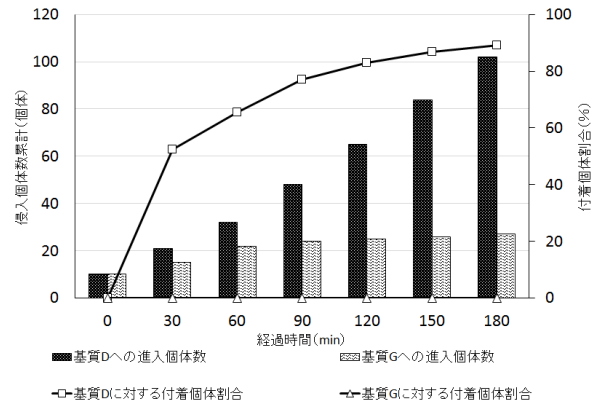


図 11 ギンダカハマガイの基質別の累計進入個体数及び付着個体割合

考 察

筑前海区に生息するホンダワラ類の多くは、春先から夏季が成熟期であり、^{5,6)}海中に放出された幼胚は仮根を伸ばし岩盤上に固着し生長を始める。ホンダワラ類の幼胚の長径は 150 ~ 300 μm 程度であり、⁷⁾幼胚の残存に関する報告は、幼胚の残存は着底基質の μm レベルの表面の凹凸に左右されること⁸⁾や、生殖器床から放出されて間もない幼胚は付着力が弱く静置時間の経過に伴い付着力が増大すること⁹⁾が報告されている。

また、奥田らの研究では表面が平滑な基質への固着に要する時間が長くなることなどが報告されている。¹⁰⁾本試験でも天然海域で採苗した場合、表面粗度とホンダワラ類の幼体の着生数には正の相関がみられた。これは表面粗度が大きいほど μm レベルの凹凸が基質表面に多く存在するためと考えられる。特に天然海域の場合では波浪の影響を大きく受けるため、表面粗度が幼胚の着生と生残を高める要因となっていると考えられた。一方、粉碎法によるアカモクの人工採苗試験では、基質の表面粗度にかかわらず 1m^2 あたり 1 万個体程度のアカモク幼体を採苗することができた。これは人工採苗の場合、水槽内で採苗して飼育するために幼胚の着生時期に波浪の影響をほとんど受けないことから、表面粗度の低い基質でも採苗できたものと考えられた。また、今回の天然採苗試験では採苗基質を設置した海域周辺の優占種が多く採苗された。採苗数は人

工採苗試験と比べ 1m^2 あたり数十個体程度に留まっているが、より良好な藻場に採苗基質を設置することで多種の海藻を多量に採苗することも可能と思われた。

基質別の天然育成試験の生残数を比較すると、ブロック性状基質Dとマット性状基質Gではホンダワラ類幼体の採苗数に大きな差はなかった。しかし、植食性動物による食害圧が高い大島西部海域への移設後の生残数は、マット性状基質Gがブロック性状基質Dより2倍以上高く、新たなマット性状基質の有効性が天然海域における生育試験の結果から証明された。また、人工採苗試験では、ブロック性状基質Dとマット性状基質Gではアカモク幼体の採苗数に大きな差はなく、漁港内への移設後は両基質とも急激な減耗はみられるものの、生残数はマット性状基質Gがブロック性状基質Dより2倍以上も高かった。天然採苗及び人工採苗の両試験でマット性状基質に着生した海藻幼体の生残数が高かった要因は、マット性状基質が繊維状であるため植食性動物とマット性状基質の間に空間ができ、ブロック性状基質のように安定して付着できないことがマット性状基質に対する食害圧を減少させたものと考えられた。基質別の侵入頻度実験においても、マット性状基質への植食性動物の進入個体数は、ブロック性状基質に比べ $1/3$ 程度と低く、マット性状基質に付着した個体は確認されなかった。このため波浪の影響を受けやすい天然海域では、植食性動物は安定して

基質に付着できないため、食害圧を大幅に軽減できたものと推察された。

マット性状基質を用いたアラムの人工採苗試験では1 m²あたり10,000個体以上のアラムの幼体が採苗できた。魚類による食害圧の大きい宗像市大島西部海域に設置した採苗基質の生残数は、設置34日後で加工区は対象区と比べて約10倍の差がみられた。しかし、設置83日後にはいずれの試験区でもアラムの幼体は確認されなかった。このことはマット性状基質を加工したことにより大型の植食性魚類に対しては一定の食害圧の軽減効果はみられたものの、小型の植食性魚類の食害は継続して受けたものと考えられた。よって、海藻幼体の保護には突起の間隔をより狭くしたり、小型の植食性魚類が摂食されにくい形状等に加工する必要があると思われた。

これまでにブロック性状基質の形状等については報告されているが、¹¹⁻¹⁴⁾性状の異なる基質で検討した事例は極めて少ない。今回用いたマット性状基質は、波浪の影響を強く受ける海域に設置する場合、鉄筋の取付など波浪による基質自体の一散を防ぐための対策が必要であるものの、ホンダワラ類及びアラム類の採苗に適していることがわかった。また、ブロック性状基質と比べ設置コストが1 m²あたり千円程度と安価で、1 m²敷設するのに必要な個数が4個で2.0kgと非常に軽量で入手しやすいうえに移動などの作業の負担が軽減されるなどの利点も多い。さらに、海藻類の着生後でも、容易に植食性魚類の防除加工が可能であることから、漁業者等が実施する藻場の保全活動において有効な基質として期待される。特に人工採苗の場合では水槽内への基質の敷設や設置現場までの輸送が必要となるため、軽量で作業性に優れたマット性状基質がブロック性状基質に比べ使用しやすい基質であることが示唆された。

近年、筑前海域で藻場の保全活動を実施している一部の組織では、既存の陸上施設を利用してアラム等の海藻種苗の生産に取り組みたいとの要望もある。しかし、従来のブロック性状基質では輸送や設置に大きな労力を要することが課題となっていた。また、種糸を

使用する場合も、種糸の作成作業やロープ等へ取り付ける際の着生した種苗の脱落、沖出しの際の岩礁との接触面の種苗の喪失も問題視され、漁業者らによる種苗生産の取組はなかなか実現できなかった。しかし、マット性状基質を用いることで、採苗した基質を直接設置することができることから種糸の巻き付け作業の省力化が可能で、従来に比べ作業性が大幅に向上する。また、輸送も容易なため、集約的に種苗生産することで生産性の向上も期待できる。試験的に漁業者らに養殖用の種苗として、アカモクを採苗したマット性状基質を提供したところ、裏面がゴム状で滑りにくいいため幹ロープに結束バンドで容易に固定でき作業が省力化できると大変好評を得ることができた。

人工採苗では陸上水槽での育成期間が長期化するため、その期間の施設の維持費及び人件費が現場へ普及する際に課題となるが、今後は育成期間を短縮し作業の省力化やアワビの中間育成等の既存施設の排水や側溝を利用したランニングコストの削減を検討する必要があると思われた。

九州南部ではアイゴ、イスズミなどの植食性魚類による藻場への食害が発生しており、¹⁵⁾筑前海域でも小呂島等で植食性魚類が原因と思われる藻場の減少が確認されている。植食性魚類による藻場への食害圧は、ガラモ場やアラム場、単年藻や多年海藻から構成される多種混成藻場では軽減されることが報告されている。¹⁶⁻¹⁸⁾マット性状基質を用いることにより、植食性魚類による食害の防除加工が容易にできる事に加え、人工的にアラム類と多年生のホンダワラ類との混植ができるなど、各地先の状況に適した方法で複数の植食性魚類対策を簡易かつ安価で行うことが可能となる。

これまで種苗設置法による藻場造成は、公共事業等で藻礁と併せて基質を設置する場合が主体¹⁹⁾で、漁業者による実施は普及していなかったが、今後は従来行っている植食性動物の駆除や母藻投入と併せてマット性状基質を活用して各地先に適した課題に対応することにより、効率的な藻場の保全活動が可能と思われた。また、軽量で取り扱いが容易であり、海域での天然採苗や水槽での人工採苗の基質としても使用できること

から、アカモクなどの水産上有用な養殖用種苗を確保する採苗基質としても応用されることを期待している。

文 献

- 1) 藤田大介, 村瀬 昇, 桑原久実. 藻場の分布資料および非食害型の藻場衰退要因. 藻場を見守り育てる知恵と技術 成山堂書店, 東京. 2010 ; 23-24.
- 2) 日高研人, 森 慎也, 後川龍男, 内藤 剛, 林 宗徳. 筑前海区アラメ・カジメ場状況調査-アラメ, ツルアラメ, クロメの大量枯死・消失-. 平成 25 年度福岡県水産海洋技術センター事業報告 2015 ; 139-141.
- 3) 日高研人, 森 慎也, 後川龍男, 内藤 剛, 松井繁明. 漁場環境保全対策事業 (4) 環境・生態系保全活動支援事業. 平成 25 年度福岡県水産海洋技術センター事業報告 2015 ; 108-111.
- 4) 秋本恒基, 松井繁明, 中本 崇, 濱田弘之. アカモクの増殖試験. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2010 ; 20 : 67-72.
- 5) 三浦正治, 野村浩貴, 松本正喜, 道津光生. 海藻類 4 種類の生息場適正指数モデル. 海生研研究報告 2010 ; 13 : 15-50.
- 6) 四井敏雄, 中村伸司, 前迫信彦. 長崎県野母崎沿岸におけるホンダワラ類 8 種の成熟期. 長崎県水産試験場研究報告 1984 ; 10 : 57-61.
- 7) 水産庁. 改訂磯焼け対策ガイドライン. 2015 ; 5 : 112.
- 8) 吉田英樹, 桐山隆哉. 藻場再生のための食害動物対策技術開発. 長崎県産業技術センター研究報告 2004 ; 52 : 24-26.
- 9) 本多正樹. ホンダワラ類の海藻幼胚着生特性. 電力中央研究所研究報告 2007 ; 24 : 89-94.
- 10) T. Okuda, H. Karei, M. Yamada, Settlement of germlings in ten funcalean species. *Hydrobiologia* 1984 ; 116/117 : 413-418.
- 11) 磯尾典男, 高橋達人, 岡田光正. 藻場造成用基質としての炭酸固化体の評価. 日本水産学会誌 2000 ; 66 (4) : 647-650.
- 12) 善見政和, 二宮早由子. 八代湾における藻場造成実験について. 海岸工学論文集 2006 ; 53 : 1261-1265.
- 13) 中嶋 泰. 移植ブロックによる藻場造成(ホンダワラ類の繁殖・生態と藻場造成技術). 日本水産学会誌 2000 ; 66 (4) : 758 - 759 .
- 14) 梨木大輔, 秋本恒基, 濱田弘之. ハイブリッドセラミックを使用した藻場造成試験. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2011 ; 21 : 21-24.
- 15) 長崎県における磯焼け対策ガイドライン. 2012 : 1-72.
- 16) 野田幹雄, 大原啓史, 村瀬 昇, 池田 至, 山本憲一. アイゴによるアラメおよび数種のホンダワラ類の被食過程と群落構造の関係. 日本水産学会誌 2014 ; 80 (2) : 201-203.
- 17) 服部克也, 阿知波英明, 宮向智興. 豊浜西浦地先見られたホンダワラ科藻体と混生しているコンブ科藻体のアイゴによる採食程度. 愛知水試研報 2014 ; 19 : 25-31.
- 18) 向井幸則, 小山善明, 芝 修一, 谷藤直純, 井口久和, 松田 清, 歌 邦夫. 磯焼け海域における小型海藻を混生させたホンダワラ類藻場造成手法と効果. 水産増殖 2003 ; 51 (2) : 127-134.
- 19) 株式会社水土舎, 平成 18 年度環境・生態系保線活動支援調査委託事業 沿岸域の環境・生態系保全活動の進め方 ; 48.