

有明海福岡県地先における タイラギ斃死要因に関する研究Ⅲ —浮泥防除型覆砂によるタイラギ増殖試験—

杉野 浩二郎・松本 昌大・山本 千裕
(有明海研究所)

タイラギ資源減少の一つの要因として底質環境の悪化に起因する生息域の減少が大きく関与していると考えられる。底質環境を改善しタイラギ資源の増大をはかるため、沖合域において山型覆砂、斜面部への覆砂、サルボウ貝殻散布の各漁場改善手法を実施し、それぞれの浮泥堆積、底質環境、タイラギの着底数及び生残率を調べた。軟泥域である大牟田沖海域では山型覆砂によって浮泥堆積が抑制され、タイラギの生息密度も向上したが、砂泥域である峰の洲海域に実施した山型覆砂は、十分な効果が得られなかった。一方で峰の洲斜面に実施した覆砂ではタイラギの生息数が大幅に増加し、漁場としての活用が可能であると考えられた。

キーワード: タイラギ, 潜水器漁場, 底質改善, 覆砂, 浮泥

有明海におけるタイラギ潜水器漁業は1920年代から営まれており、¹⁾ 冬季の有明海における重要な産業として地域経済にも大きく貢献している。

しかし、近年はタイラギの生息域が大きく減少しており、特に底質の細粒化が著しい有明海西部海域²⁾では近年タイラギの発生が極めて少ない状態が続いている。³⁾ そのような中で2009年度には西部海域で10数年ぶりに大量のタイラギが漁獲され、有明海西部海域でのタイラギ漁業の復活に期待が寄せられた。しかし、漁期後に残っていた成貝が2010年夏季にほぼ全滅し、依然としてタイラギ資源が極めて不安定であることが明らかとなった。

当県では底質環境が悪化した漁場を中心に覆砂による底質改善事業を実施している。⁴⁾ 干潟域においては、覆砂により底質が改善した漁場では、覆砂施工前に比べてアサリ等二枚貝の生息量が大幅に増加しており、覆砂による漁場改善はアサリ漁業の重要な基盤となっている。

しかし、沖合域における漁場改善については様々な取り組みがなされているが、漁場の形成にまで至る効果的な底質改善手法は現在の所確立されていない。

沖合域での多山型覆砂によってタイラギ稚貝の着底が促進されることが秋本等⁵⁾によって報告されているが、その後の生残、成長については不明な点が多い。

また、施工場所の水深や地形と覆砂効果の関係、覆砂の形状の維持年数に関する継続した調査はなされておらず、覆砂の場所選定、費用対効果についても明らかには

なっていない。

そこで沖合域で漁場改善を実施した複数の漁場についてタイラギの生息状況、浮泥の堆積状況、底質環境を調査し、沖合域でのタイラギ漁場造成に適した漁場改善手法及び場所による効果とその持続性について考察を行った。

方法および資料

1. 漁場改善手法

調査対象として、表1に示した日本水産資源保護協会及び福岡県が沖合域で実施した漁場改善区を選択した。

漁場改善手法を実施した場所を図1に示した。

表1 調査対象とした漁場改善区

実施年度	施工手法	実施場所	実施者
2007	山型覆砂	大牟田沖	日本水産資源保護協会
2009	山型覆砂	峰の洲頂上部	福岡県
2009	斜面覆砂	峰の洲東斜面部	福岡県
2010	斜面覆砂	峰の洲東斜面部	福岡県
2010	サルボウ殻散布	峰の洲東斜面部	福岡県

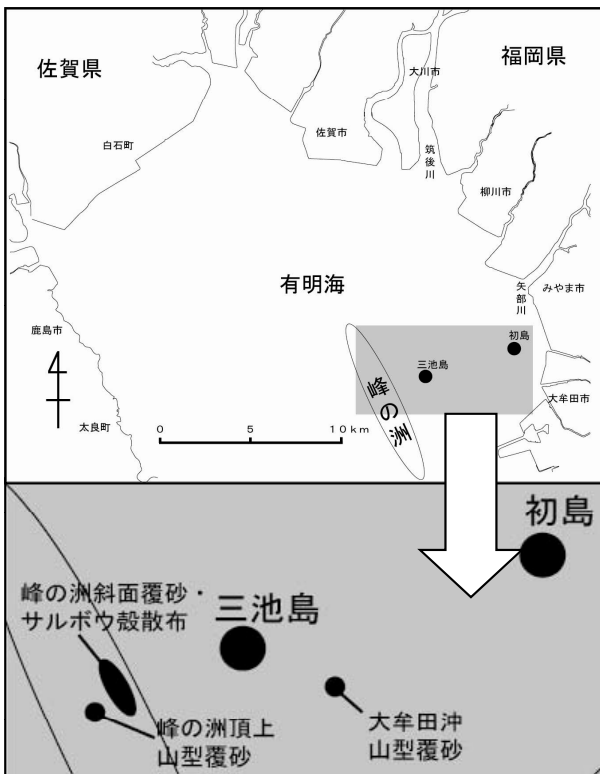


図1 漁場改善手法実施場所

大牟田沖海域は海底が平坦で底質が軟泥であり、タイラギの生息が少ない。一方峰の洲海域は、筑後川沖海底水道と住ノ江川沖海底水道の2本の水道に挟まれた南北方向に5km以上続く砂泥質の洲であり、海底が東西方向に強く傾斜している。過去にはタイラギ漁場として活用されていたが、近年はタイラギの生息は認められるものの生息密度が低く、操業には到っていない。

大牟田沖には図2に示したように高さ1m、直径12mと、高さ1.5m、直径17mの大小2種類の山型覆砂を施工した。山型覆砂の配置は図3のように小型のものは2基ずつ平行に6列、互い違いに4基ずつ6列配置し、大型のものは互い違いに4基ずつ4列配置した。

峰の洲では図4に示したように頂上部に山型覆砂、東側斜面部に斜面覆砂及びサルボウ殻散布を実施した。山型覆砂は高さ1m、直径20mとし、7基を円形に配置した。また斜面覆砂は長さ200m及び240m、幅50m、厚さ30cm、サルボウ殻散布は長さ240m、幅50m、厚さ3cmとした。サルボウ殻は1年以上屋外に保管し、軟体部等の有機物を完全に除去し、ロードローラーによって1cm四方以下に粉砕して使用した。

大牟田沖山型覆砂は2007年6月、峰の洲頂上山型覆砂は2009年8月、峰の洲斜面覆砂は2009年8月及び2010年8月、峰の洲サルボウ殻散布は2010年8月にそれぞれ施工した。

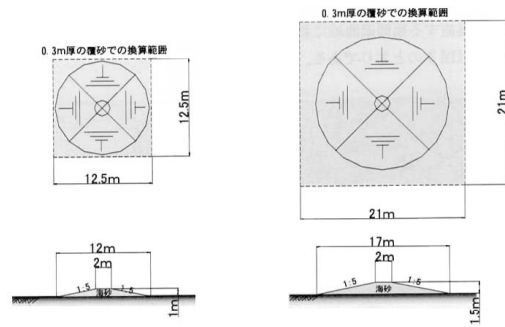


図2 大牟田沖山型覆砂模式図

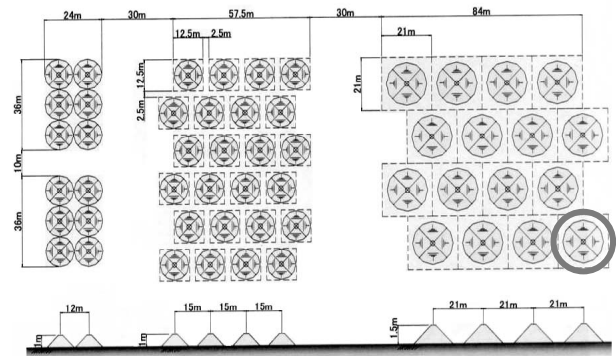


図3 大牟田沖山型覆砂配置図
(右下の丸は調査点を配置した覆砂)

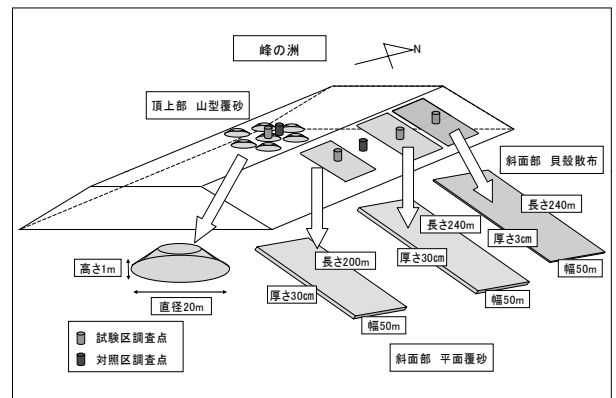


図4 峰の洲漁場改善手法模式図

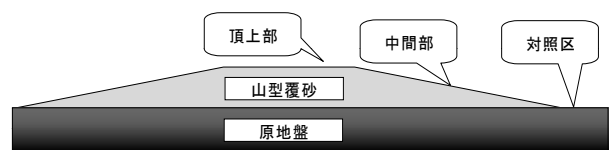


図5 大牟田沖山型覆砂調査点

2. 調査点及び調査期間

調査点は大牟田沖山型覆砂区では、試験区として覆砂区の南東端に位置する大型の山型覆砂（図3右下）の頂上部、中間部に、対照区として原地盤に設定した（図5）。

峰の洲山型覆砂区では中心の山型覆砂の頂上部に試験区を、原地盤に対照区を設定した。また峰の洲斜面の平面覆砂区及びサルボウ殻散布区の中心にも調査点を設定し、斜面の未覆砂区に対照となる調査点を設定した。

調査期間は大牟田沖山型覆砂区で2008年5月から2010年2月まで原則月2回、計39回実施した。また峰の洲漁場では2009年6月から調査を開始し、2010年11月まで月1～2回、計22回の調査を実施した。

3. 調査項目

調査は潜水士による潜水作業によって実施し、調査項目はタイラギについては生息密度、生残率及び成長、底質については浮泥厚、全硫化物、強熱減量及び泥分率とした。

タイラギの生息密度は、大牟田沖山型覆砂では50cm×50cmの枠取りを2回行い、その平均とした。峰の洲漁場改善区では2009年10月から2010年1月までは50cm×50cmの枠取りを行い、2月以降は10mのライン調査によってラインの両側50cm内の生息数を計測し、生息密度を求めた。なお、稚貝の発生時の生息密度は、調査毎の誤差を平均化するため、稚貝が初認された時点から3回の調査の平均生息密度を稚貝生息密度とした。

また1年間の生残率を求めるために、大牟田沖山型覆砂では調査開始時から、峰の洲では稚貝が初認された時点からそれぞれ3回の調査の平均生息密度を初見生息密度とし、1年後の3回の調査の平均生息密度と比較した。

峰の洲で実施した調査では採取したタイラギの殻長を測定し、殻長分布によりタイラギの年級群を推定するとともにタイラギの成長速度を求めた。

底質試料の採取はアクリルパイプ（内径36mm、長さ30cm）による柱状採泥により行った。試料は採取後、実験室で約1時間静置し、海底面上に堆積した流動層を浮泥としてその堆積厚を測定した。また海底面を基準として表層（0～5mm層）、10cm層（10～15cm層）に分取し、底質分析に供した。

全硫化物は検知管法、強熱減量は底質調査方法（昭和63年環水管第127号）Ⅱに従い、底質の乾重量に占める63 μ m以下の粒子の重量の割合を泥分率として求めた。

結 果

1. タイラギ生息状況

大牟田沖山型覆砂区のタイラギ生息密度の変化を図6に示した。

調査期間を通じて、タイラギ生息密度はおおむね頂上部及び中間部で対照区を上回っていた。当研究所の調査によると、有明海におけるタイラギの産卵期は、通常7月～9月であり、調査によって確認できる大きさ（殻長約3cm）となるのは、その年の10月頃からである。

調査を開始した2008年5月から2009年8月まで、2007年級群のタイラギが確認されたが、福岡県海域全体で発生が少なかった2008年級群はいずれの調査点でも確認されなかった。2009年8月には全ての調査点でタイラギが確認されなくなったが、2009年10月に2009年級群が初めて確認され、2010年2月には頂上部で対照区の約20倍となる1 m^2 あたり84個体が確認された。

2009年10月から2010年1月に枠取り調査で行った峰の洲漁場の2009年級群タイラギ生息密度の推移を図7に示した。

山型覆砂区では2009年級群タイラギの生息密度は最大12個体/ m^2 で、最大36個体/ m^2 であった対照区と比較してもやや少なかった。一方で斜面覆砂区は10月に52個体/ m^2 が確認され、1月には128個体/ m^2 に達した。対照区の生息密度は8～32個体/ m^2 であり、斜面覆砂区では対照区に比べて4～10倍生息密度が高かった。

次にライン調査により求めた2010年2月から2010年11月までの峰の洲漁場における2009年級群のタイラギ生息密度の変化を図8に示した。

ライン調査でも枠取り調査同様、2009年級群タイラギの生息密度は山型覆砂区では対照区よりも低く、斜面覆砂区では逆に対照区よりも大幅に高くなっていた。山型覆砂区では3月以降はほぼ生息が認められなくなった一方で、斜面覆砂区では11月まで10個体/ m^2 前後と、対照区の10倍以上の生息密度を保持していた。2010年8月に施工した斜面覆砂区及びサルボウ殻散布区では、施工前から2009年級群はほぼ確認されなかった。

図9に峰の洲漁場における2010年級群のタイラギの生息密度の推移を示した。

2010年級群のタイラギは9月中旬に初めて確認され、2009年に施工した斜面覆砂区で最も生息密度が高く、対照区のおよそ3倍の生息密度であった。2010年に施工し

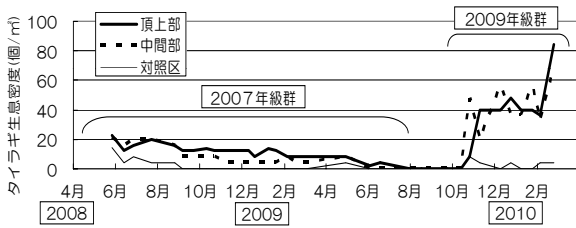


図6 大牟田沖山型覆砂タイラギ生息密度の変化

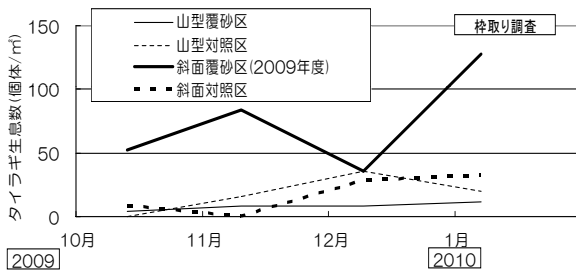


図7 峰の洲漁場のタイラギ生息密度の推移 (2009年級群：枠取り調査)

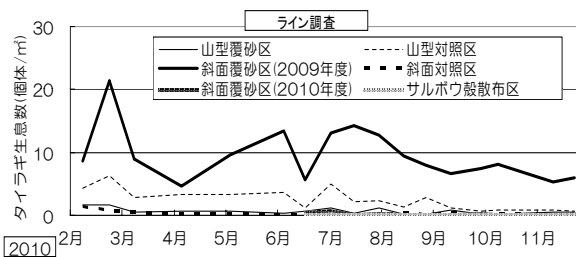


図8 峰の洲漁場のタイラギ生息密度の推移 (2009年級群：ライン調査)

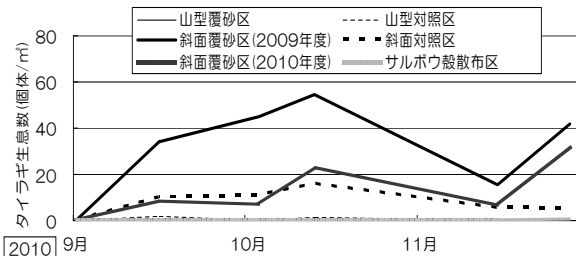


図9 峰の洲漁場のタイラギ生息密度の推移 (2010年級群：枠取り調査)

た斜面覆砂区は11月中旬までは対照区と同程度の生息密度であったが、11月下旬に大きく増加し対照区の6倍以上となった。一方で山型覆砂区、山型対照区及びサルボウ殻散布区では2010年級群のタイラギの生息はほとんど

認められなかった。

各漁場改善区のタイラギ稚貝の生息密度について表2及び表3に整理した。

2009年級群タイラギ稚貝の生息密度は大牟田沖山型覆砂区、2009年施工峰の洲斜面覆砂区では対照区に比べて308%~1033%の大幅な増加が認められた。しかし、峰の洲頂上部に施工した山型覆砂区ではタイラギの稚貝の生息密度は対照区の72%と減少していた。

2010年級群タイラギ稚貝は2009年施工の斜面覆砂区では対照区の363%と生息密度が向上していた。2010年施工の斜面覆砂区では稚貝が初見されてから3回の調査の平均を比較すると、対照区の102%とほぼ変わらなかったが、前述のように11月下旬に生息密度が急激に上昇していた。山型覆砂区、サルボウ殻散布区では同時期には稚貝の生息が確認されなかった。

次に、タイラギの生残について、表4に示した。

大牟田沖山型覆砂では、対照区、中間部に比べて頂上部で生残率が2倍となった。初見時に既に発生から1年近く経過しており、稚貝時期の減耗については明確ではないが、1歳貝は覆砂によって生残率が向上した。

峰の洲漁場の生残率は山型覆砂区は6%、対照区では10%であり、覆砂による生残率の向上は認められなかった。しかし、斜面覆砂区では対照区が1%の生残率であったにもかかわらず、14%の生残率を示し、生残率が大きく向上していた。

表2 各施工区の2009年級群稚貝の生息密度

施工区	2009年級群稚貝		
	稚貝生息密度	対照区	対照区との比較
大牟田沖山型覆砂(頂上部)	29.3 個体/m ²	4.0 個体/m ²	733%
大牟田沖山型覆砂(中間部)	41.3 個体/m ²	4.0 個体/m ²	1033%
峰の洲山型覆砂(2009年度)	6.7 個体/m ²	9.3 個体/m ²	72%
峰の洲斜面覆砂(2009年度)	53.3 個体/m ²	17.3 個体/m ²	308%

表3 各施工区の2010年級群稚貝の生息密度

施工区	2010年級群稚貝		
	稚貝生息密度	対照区	対照区との比較
峰の洲山型覆砂(2009年度)	0.0 個体/m ²	1.1 個体/m ²	0%
峰の洲斜面覆砂(2009年度)	44.6 個体/m ²	12.3 個体/m ²	363%
峰の洲斜面覆砂(2010年度)	12.6 個体/m ²	12.3 個体/m ²	102%
峰の洲サルボウ殻散布	0.0 個体/m ²	12.3 個体/m ²	0%

2. タイラギ殻長

峰の洲漁場の2009年級群のタイラギの平均殻長の推移を図10, 11に示した。

平均殻長はいずれの調査点でも増加した。山型対照区では9月から10月にかけて殻長が大きく減少したが、これは測定個体数が少ないことによる個体差の影響と考えられた。山型対照区, 斜面覆砂区, 斜面对照区では11月下旬には平均殻長が150mm 前後に達した。また, その成長速度は山型対照区では0.13mm/日, 斜面覆砂区では0.21mm/日, 斜面对照区では0.27mm/日であった。

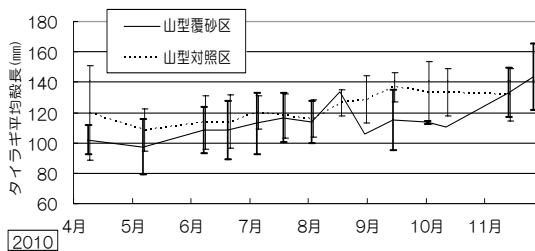


図10 峰の洲漁場山型覆砂区のタイラギ平均殻長の推移 (2009年級群)

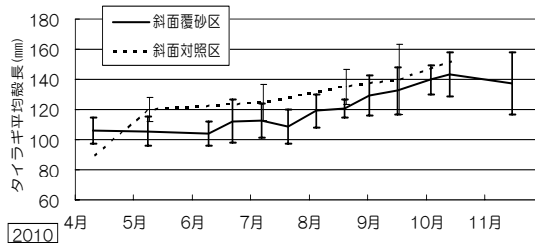


図11 峰の洲漁場斜面覆砂区のタイラギ平均殻長の推移 (2009年級群)

3. 浮泥堆積厚

浮泥の堆積厚の変動について図12, 13に示した。

大牟田沖山型覆砂では, 頂上部では浮泥の堆積が少なく, ほぼ10mm 以下で推移していた。また中間部でも対照区に比べてわずかに浮泥の堆積が抑えられていた。調査毎の浮泥堆積厚の変動はいずれの調査点でも同様の傾向を示した。

峰の洲漁場の漁場改善区では対照区でも浮泥の堆積はおおむね10mm 以下で推移しており, 山型覆砂, 斜面覆砂とも浮泥の堆積を抑制する効果は認められなかった。またサルボウ殻散布区では10月以降浮泥の堆積が急激に増加し, 浮泥堆積厚は最大25mm となった。

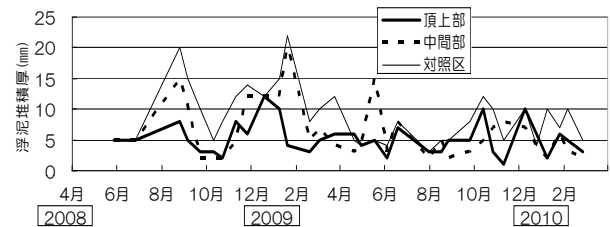


図12 大牟田沖山型覆砂浮泥堆積厚の推移

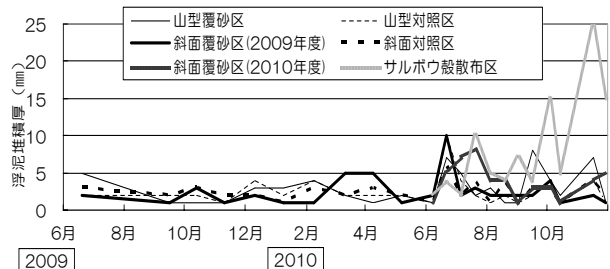


図13 峰の洲漁場浮泥堆積厚の推移

4. 硫化物

表層及び10cm層の硫化物量の推移を図14から17に示した。

大牟田沖山型覆砂での底質中の硫化物量は表層、10cm層とも頂上部、中間部では変動が少なく、調査期間を通じてほぼ0.2mg/g乾泥以下で推移していた。一方対照区では変動が大きく、頻繁に0.2mg/g乾泥を超え、最大で表層では0.94mg/g乾泥、10cm層では0.74mg/g乾泥となっていた。

峰の洲漁場では表層、10cm層ともにいずれの調査点でも硫化物量は低く、おおむね0.1mg/g乾泥以下で推移した。しかし、サルボウ殻散布区、斜面对照区、山盛対照区では2010年8月以降表層の硫化物量が急激に上昇し0.2mg/g乾泥に達した。

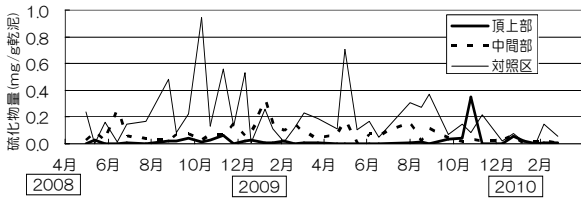


図14 大牟田沖山型覆砂底質表層硫化物量の推移

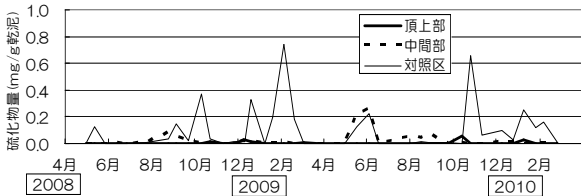


図15 大牟田沖山型覆砂底質10cm層硫化物量の推移

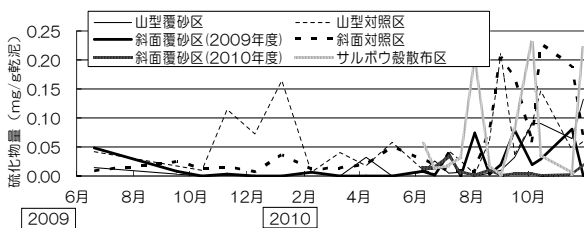


図16 峰の洲漁場底質表層硫化物量の推移

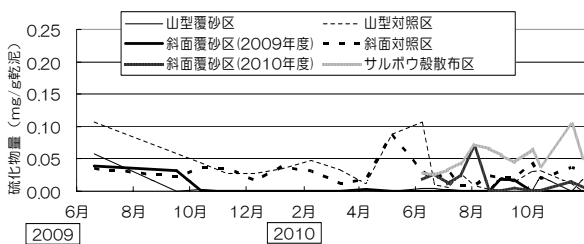


図17 峰の洲漁場底質10cm層硫化物量の推移

5. 強熱減量

表層及び10cm層の強熱減量の推移を図18から21に示した。

大牟田沖山型覆砂の強熱減量は、表層では頂上部及び中間部ではほぼ5%前後で推移していたのに対して、対照区では変動が大きく、最大30%近くまで増加していた。10cm層では全調査点でおおむね5%以下で推移していたが、対照区では急激な上昇が何度か見られ、最大で20%近くに達していた。

一方で峰の洲漁場ではいずれの調査点でも強熱減量は低く、表層、10cm層ともにほぼ5%以下で推移していた。

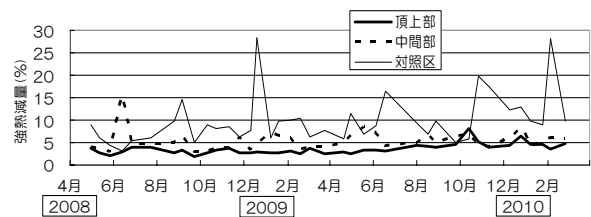


図18 大牟田沖山型覆砂底質表層強熱減量の推移

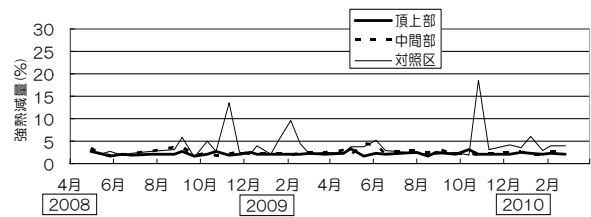


図19 大牟田沖山型覆砂底質10cm層強熱減量の推移

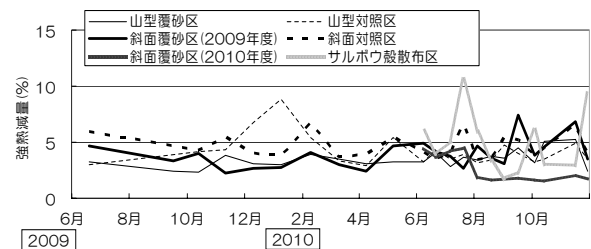


図20 峰の洲漁場底質表層強熱減量の推移

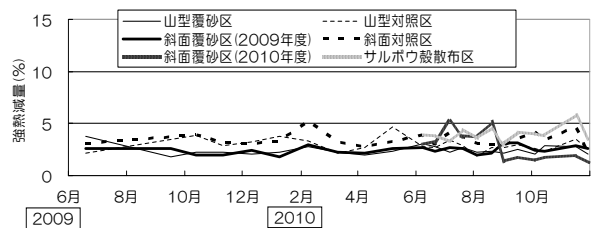


図21 峰の洲漁場底質10cm層強熱減量の推移

6. 泥分率

表層及び10cm層の泥分率の推移を図22から25に示した。

大牟田沖山型覆砂の泥分率は表層では調査毎の変動が非常に大きく、対照区では80%を頻繁に超えていた。しかし中間部ではおおむね50%以下、頂上部ではおおむね20%以下となっていた。10cm層ではいずれの調査点もほぼ20%以下で推移していたが、対照区では時折大幅に上昇し、最大80%近くまで達していた。

峰の洲漁場の表層の泥分率は覆砂区では10%前後、対照区では30%前後で推移した。サルボウ殻散布区は施工後大幅に減少したものの、その後急激に増加した。10cm層でも覆砂区はほぼ5%以下で推移したが、対照区では20%前後で推移した。サルボウ殻散布区では施工による泥分率の変化は認められなかった。

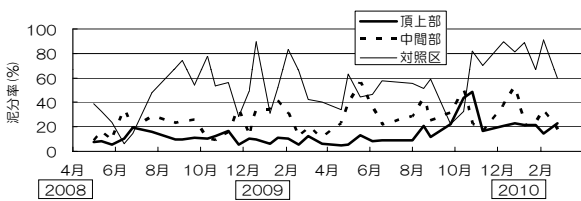


図22 大牟田沖山型覆砂底質表層泥分率の推移

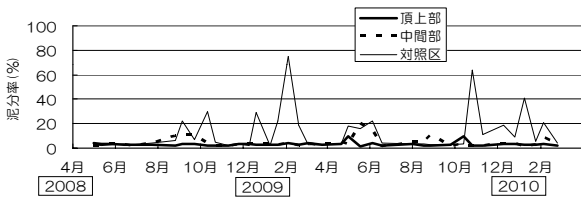


図23 大牟田沖山型覆砂10cm層泥分率の推移

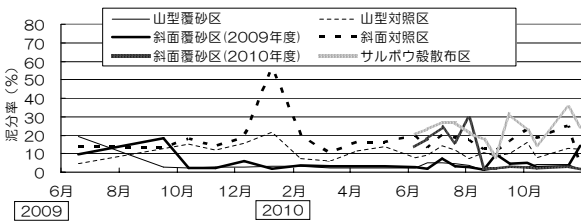


図24 峰の洲漁場底質表層泥分率の推移

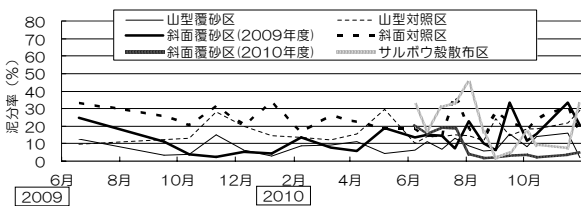


図25 峰の洲漁場底質10cm層泥分率の推移

考 察

タイラギの成貝が夏季を中心として斃死するいわゆる「立ち枯れ斃死」については、これまでに多くの研究がなされてきた。

底質に含まれる有機物が分解される際、環境中の溶解酸素が消費され、酸素飽和度の低下が引き起こされる。秋本らはタイラギは酸素飽和度が0%の環境下でも12時間は生存可能であり、さらに酸素飽和度20%では少なくとも3日間は生存する事を明らかにした。⁶⁾しかし、松井らは生殖腺が発達する時期はタイラギのグリコーゲン含量が減少する事を明らかにし、タイラギの生理状態によっては、貧酸素が斃死を引き起こす可能性がある、としている。⁷⁾また山元らは貧酸素に曝露したタイラギは鰓の灌水量を増大させること、⁸⁾郡司掛らは立ち枯れ斃死で見られるタイラギが底質中から這い上がる行動が、貧酸素への曝露で再現されることを室内試験から明らかにしている。⁹⁾さらに塚本らは底質に含まれる有機物が嫌気条件下で生物にとって有害な硫化水素に変化し、それがタイラギの生残に影響を与える可能性を指摘しており、¹⁰⁾熊本県でも秋季に発生したタイラギの斃死の原因を硫化水素による可能性が高いとしている。¹¹⁾また同様に有機物の分解産物であるアンモニアについてもアワビ¹²⁾やイガイ^{3,14)}などの多くの水生生物への悪影響が報告されている。

このように斃死の原因として疑われる要因の多くは底質に含まれる有機物の分解によって生じるものであり、覆砂の効果の一義的なものは底質に含まれる過剰な有機物を抑え、タイラギの生息に適した水準に底質環境を整えることにある。

また、軟泥質の漁場においては、稚貝の着底基質の供給という面からも覆砂の効果は大きい。タイラギ浮遊幼生は砂粒、貝殻片、その他の基質に付着し、固定することで変態が可能になるとされる。¹⁵⁻¹⁷⁾そのため、付着基質に乏しい軟泥質では着底しても稚貝になることが難しい。軟泥質漁場である大牟田沖山型覆砂区で稚貝の発生量が対照区の7倍から10倍に達した理由はこの基質の供給にもあると考えられる。また、稚貝の発生が多い施工区ではその後の生残も良い傾向が認められた。このことから覆砂による底質改善は稚貝の着底量を増大させるだけでなく、その後の生残についても大きく影響を与えると考えられた。

タイラギの生息に適している底質である、泥分率30%未満、硫化物量0.1mg/g 乾泥以下、強熱減量5%以下等の条件¹⁸⁾はサルボウ殻散布区を除く全ての施工区でおおむね満たされていた。大牟田沖山型覆砂の中間部では泥分率、強熱減量がやや高かったが、生息が困難とされる

値を超えることはほとんど無かった。

しかし峰の洲頂上部で実施した山型覆砂区は、環境が改善されたにもかかわらず稚貝の着底量、生残率ともに対照区に劣る結果となった。この原因については明らかではないが、峰の洲漁場は砂泥質であり、対照区でもタイラギの生息に適した底質条件を満たしていることから、底質環境がタイラギの生息を制限する主要因となっていない可能性が考えられる。また着底基質となる砂粒、貝殻片等も豊富にあるため、覆砂による底質改善効果は小さいといえる。

また、海底面に凹凸を作り、着底基質を供給することでタイラギ稚貝の着底を促進させる事を意図して施工したサルボウ殻散布区であったが、浮泥の堆積が著しく、施工から数ヶ月でサルボウ殻が一部しか表面に確認できない状態となっていた。このことはサルボウ殻で作られた凹凸が浮泥を集積しやすくしたため、と考えられた。また硫化物、強熱減量も浮泥厚の増加に併せて上昇していた。塚本らは浮泥の堆積がタイラギを衰弱させる事を示唆しており、¹⁹⁾サルボウ殻散布区では浮泥の堆積及びそれに伴う底質環境の悪化がタイラギの生息を阻害したと推測された。

一方で峰の洲東斜面で施工された斜面覆砂区では対照区に比べて最大10倍の2009年級群の発生が確認され、その後の生残も良く、2010年11月時点で平均生息密度が5.9個体/m²、平均殻長は150.5mmとなっており、漁場として十分に利用可能である。加えて2010年級群の生息量も42個体/m²と対照区の8倍に達しており、タイラギの資源の更新がされていた。峰の洲東斜面も砂泥質であり対照区の底質環境は比較的良好であるが、泥分率は30%前後とやや高かった。

再現性を検証するために2010年に峰の洲で施工した斜面覆砂区では10月までは2009年実施の斜面覆砂区に比べ2010年級群タイラギの生息密度は3分の1にすぎず、対照区と同程度であった。しかし11月下旬に生息密度が大幅に増加し、対照区の6倍となった。これは覆砂時期が稚貝の着底時期に重なったため、早い時期に着底した稚貝が生残できなかつたためと考えられた。

以上のように2009年、2010年に実施した斜面部に対する覆砂はいずれもタイラギ生息量を大きく増加する効果があった。また2009年に実施した斜面覆砂区では2009年級群のタイラギが漁獲対象となるまで高密度に生息していたことから、斜面覆砂が沖合域の漁場改善手法として有効であり、タイラギ漁場を形成することが可能であると考えられた。

現時点では、軟泥域における山型覆砂、砂泥域における斜面覆砂が、タイラギの漁場形成を可能とする漁場改

善手法の候補として考えられる。

施工からまだ数年しか経っていないため、覆砂効果の持続性については今後の検証が必要であるが、大牟田沖山型覆砂については施工から2年以上が経過した2009年に大量の稚貝の発生が確認されており、少なくとも2年程度では稚貝の発生を促進する効果が失われないことが明らかになった。さらに頂上部及び中間部でも浮泥は認められるものの、増加傾向が見られないことから、浮泥が堆積して覆砂面を覆うことはなく、絶えず浮泥が流動していることが伺えた。また峰の洲漁場の斜面覆砂区でも2年続けて稚貝の大量発生が起こっており、施工から1年を経過した段階では浮泥による覆砂面の埋没も認められず、潮流による逸散も少ないため、覆砂の効果が持続することが期待された。

しかし、大牟田沖山型覆砂区で2008年級群の発生が見られなかつたことから、底質環境が改善されれば必ず稚貝発生量が増えるわけではなく、潮流、地形、浮遊幼生の来遊量等の要因によっても稚貝の発生量が大きく変動すると考えられた。このことは単年度の結果から覆砂の効果を検証することの危険性を示唆しており、今回効果が認められなかつた漁場改善手法についても少なくとも数年は継続してタイラギの生息状況を調査する事が重要である。

今後の課題として、山型覆砂が軟泥域、斜面覆砂が砂泥質の斜面部での漁場改善手法として一定の普遍性があるかを検証する必要がある。そのためには水深や河川からの距離、潮流などの条件が異なる海域で試験的な覆砂を行い、その効果を調査していく事が必要である。また覆砂効果の持続性についても、定期的に調査を行い知見を蓄積していくことが望ましい。

文 献

- 1) 山下康夫：有明海産タイラギに関する研究－I 漁獲量変動の周期性について．佐賀県有明水産試験場報告 1980；第7号：85-88.
- 2) 横山寿，石樋由香：底質の主成分分析による有明海奥部海域の区分．日本水産学会誌 2009；75(4)：674-683.
- 3) 伊藤史郎：有明海における水産資源の現状と再生．佐賀県有明水産試験場報告 2004；第22号：69-80.
- 4) 福岡県：福岡県水産業の動向．(2001-2007).
- 5) 秋本恒基，林宗徳，相島昇，佐野二郎，二島賢二，渡辺裕介：造洲漁場におけるタイラギの着底と成長．福岡県水産海洋技術センター研究報告 1995；第4号：45-52.

- 6) 秋本恒基, 林宗徳, 岩渕光伸, 山元憲一: リシケタイラギの致死酸素飽和度. 水産増殖 2004; 52(2) : 199-200.
- 7) 松井繁明, 田上航, 渡邊大輔, 伊藤輝昭, 吉田幹英: 貧酸素条件におけるリシケタイラギの呼吸代謝について. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2007; 第17号: 61-66.
- 8) 山元憲一, 半田岳志, 西岡晃: リシケタイラギの換水に及ぼす低酸素の影響. 水産増殖 2006; 54(3) : 319-323.
- 9) 郡司掛博昭, 大嶋雄治, 松井繁明, 田上航, 今石幸治, 本田匡人, 諸石淳也, 姜益俊, 島崎洋平, 本城凡夫: 低酸素海水に反復曝露したリシケタイラギ (*Atrina lischkeana*) の浮上行動とへい死. 九州大学大学院農学研究院学芸雑誌 2009; 64(1) : 12-22.
- 10) 塚本達也, 前野幸男, 木元克則, 菅原庄吾, 清家泰, 吉田幹英, 藤崎博, 生嶋登: 夏季の有明海北東部タイラギ漁場における海域環境とタイラギの生理状態. 日本水産学会春季大会講演要旨集 2009; 199.
- 11) 熊本県推算研究センター: 二枚貝資源回復調査V (タイラギ漁場環境モニタリング調査). 平成21年度事業報告書 2010; 204-206.
- 12) Haris J O et al. : Effect of ammonia on the growth rate and oxygen consumption of juvenile greenlip abalone, *Haliotis laevis* Donovan. *Aqua culture*. 1998; vol. 160 : 259-272.
- 13) Mummert A K et al. : SENSITIVITY OF JUVENILE FRESHWATER MUSSELS (*LAMPSILIS FASCIOLA*, *VILLOSAIRIS*) TO TOTAL AND UN - IONIZED AMMONIA. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2003; vol. 22. No. 11 : 2545-2553.
- 14) Hickey C W, Martin M L: Chronic Toxicity of Ammonia to the Freshwater Bivalve *Sphaerium novaezealandiae*: Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 1999; vol. 36 : 38-46.
- 15) 山下康夫, 島崎大昭, 杉原雄二: 昭和56年度タイラギ漁場の形成条件・特に付着基質に関する研究. 昭和56年度指定調査研究操業助成事業報告書 1982.
- 16) 島崎大昭, 杉原雄二, 山下康夫: 昭和57年度タイラギ漁場の形成条件・特に付着基質に関する研究. 昭和57年度指定調査研究操業助成事業報告書 1983.
- 17) 島崎大昭, 杉原雄二, 山下康夫: タイラギ漁場の形成条件・特に付着基質に関する研究 (昭和56~58年度総括). 昭和58年度指定調査研究操業助成事業報告書 1984.
- 18) 杉野浩二郎, 吉田幹英, 山本千裕: タイラギの生息に適した底質条件の検討-タイラギの生息状況とその底質条件-. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2010; 第20号: 53-60.
- 19) 塚本達也, 田中勝久, 那須博史, 松岡数充: 有明海の浮泥がタイラギの及ぼす影響. 水産増殖 2008; 56(3) : 335-342.