

有明海峰の洲海域における水深帯別覆砂効果について

廣瀬 道宣¹・的場 達人¹・松本 昌大²

(¹ 有明海研究所・² 内水面研究所)

有明海峰の洲海域斜面部に試験覆砂を行い、水深帯別に底質や流速、底生生物などの生息状況を調べることによって、峰の洲海域における覆砂効果について検討を行った。この結果、強熱減量、泥分率などの底質は、対照区より覆砂区において低くなり、底質の改善効果が確認された。また、流れが速く、浅い覆砂区ほど、その効果がより持続されることが明らかになった。マクロベントスやタイラギなどの底生生物の個体数なども、底質改善効果の高かった浅い覆砂区において、より多く確認された。これらのことから、峰の洲海域においては、水深の浅い5～7mの場所での覆砂が有効であると考えられた。

キーワード：流速、覆砂、底質改善

福岡県有明海は有明海湾奥部に位置する内湾性の水域で、広範囲に発達した干潟域は、アサリ等の有用二枚貝類の全国有数の漁場となっている。しかし近年、二枚貝類の生息に悪影響を及ぼす浮泥が海底に堆積するなど、漁場環境の悪化が懸念されている。

これまで、本県では漁場環境の改善対策として、主に干出域を対象として覆砂事業を実施しており、底質の改善が図られている。¹⁾しかし、非干出域の漁場、特に峰の洲と呼ばれる好漁場においては浮泥の堆積などによりタイラギ等の有用生物が減少しているのが現状である。

このため、県では2009、2010年度に峰の洲を試験的に覆砂し（2009、2010年度有明海特産魚介類生息環境調査（福岡県沖）委託事業により実施）、その覆砂効果を検証したところ、タイラギの発生や一定の底質改善が確認されたが^{2,3)}、水深帯別にみた細かな調査・解析はなされていない。

そこで本研究では、2011年に同じ峰の洲海域で試験覆砂（2011年度有明海特産魚介類生息環境調査（福岡県沖）委託事業により実施）を行った箇所を対象に、覆砂実施前後における水深帯別の底質、流速、生物相などの調査を行い、非干出域の峰の洲における覆砂効果の詳細な検証を行うとともに、最適な漁場改善手法について検討した。

方法

ここでは図1に示す有明海の峰の洲海域の斜面部に、2011年7月21日～29日の期間中に図2に示すような長さ600m、幅34m、厚さ30cmにわたって覆砂を実施した箇所を調査区とした。調査区内には水深約5m、7m、10mの地点に1点ずつ、また水深7mの試験区と同一水深となるよう近隣の非覆砂区域に1点、計4点の調査点を設け、それぞれ5m区、7m区、10m区、対照区とし、調査点毎に以下の調査を行った。

なお、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場所である。

1. 底質調査

それぞれの調査点において、浮泥堆積厚、酸揮発性硫化物、強熱減量、中央粒径値及び泥分率を調査した。調査期間は覆砂前との比較が出来るように、覆砂を行う前の2011年6月から開始し、覆砂後約2年を経過した2013年9月までとし、月1～2回の頻度で計45回実施した。なお、2011年9月～2012年3月までは、約2週間おきに5m区、10m区の調査と7m区、対照区の調査を交互に行い、2012年4月以降は、全調査点の調査を同一日に行った。

底質試料の採取は、アクリルパイプ（内径36mm、長さ

30cm) を用い、スキューバ潜水による柱状採泥で行った。試料は採取後、実験室で約1時間静置し、試料上部に堆積した流動層を浮泥としてその堆積厚を測定した。浮泥を除去した後、表層5cmを分取し、酸揮発性硫化物、強熱減量、中央粒径値及び泥分率についての分析を行った。酸揮発性硫化物は検知管法、強熱減量は底質調査方法(昭和63年環水管第127号)Ⅱに示された手法、中央粒径値及び泥分率はJISA1204に示された手法によって、それぞれ分析を行った。

2. 流況調査

調査は、覆砂後約2ヶ月を経過した2011年10月から、覆砂後約2年を経過した2013年9月までとし、5m区、7m区、10m区で流向・流速を調査した。調査には小型メモリー流速計INFINITY-EM (JFEアドバンテック社製) を用い、海底から約20cmの位置に設置したのち、10分間隔で連続観測した。また、平均流速、20cm/s以上の出現頻度を求め、底質との相関を調べた。

3. マクロベントス調査

調査は生物相の安定を考慮し、覆砂後1年以上を経過した2012年10月、2013年1月、5月、8月の計4回実施した。試料採取は、50cm×50cmの枠を用いて行い表面から深さ5cmの表層泥を採取し、1mm目のふるいで選別した後、残存物を10%ホルマリンで固定した。測定項目はマクロベントス(1g未満)の同定並びに種類数、個体数、湿重量とした。

4. 有用生物(タイラギ)調査

調査は、2011年級群タイラギが確認された2011年10月から2012年9月までとし、スキューバ潜水により調査を実施した。10mのライン調査によってラインの両側50cm内のタイラギの生息数を計測し、生息密度を求めた。

結 果

1. 底質調査

各調査点における浮泥堆積厚、酸揮発性硫化物量、強熱減量、中央粒径値、泥分率の推移を図3～7に、また、それぞれの調査項目毎に、覆砂後となる2011年9月から2013年9月までの各調査点における平均値を図8～12に示した。

浮泥堆積厚は、全調査点とも増減を繰り返しながら推

移したが、10mm以下に留まった。

酸揮発性硫化物量は、全調査点において、施工から約1年間は0.2mg/g乾泥より低い値で推移したが、2012年8月以降、上昇し、特に水深の深い10m区で顕著であった。

強熱減量は、覆砂域の調査点で、施工から約1年間は対照区よりも概ね低い値で推移したが、2012年9月以降、10m区で対照区よりも高い値が多くみられた。

中央粒径値は、対照区では2以上の値で推移したが、水深の浅い5m区と7m区では2以下と、対照区よりも低い値で推移した。10m区では、施工から約1年間は2以下で推移したが、2012年9月以降、2以上の値が多くみられた。

泥分率についても5m区と7m区では、概ね20%以下と対照区よりも低い値で推移した。10m区では、施工から約1年間は20%以下で推移したが、2012年9月以降、20%以上の値が多くみられ、対照区を上回る数値も確認された。

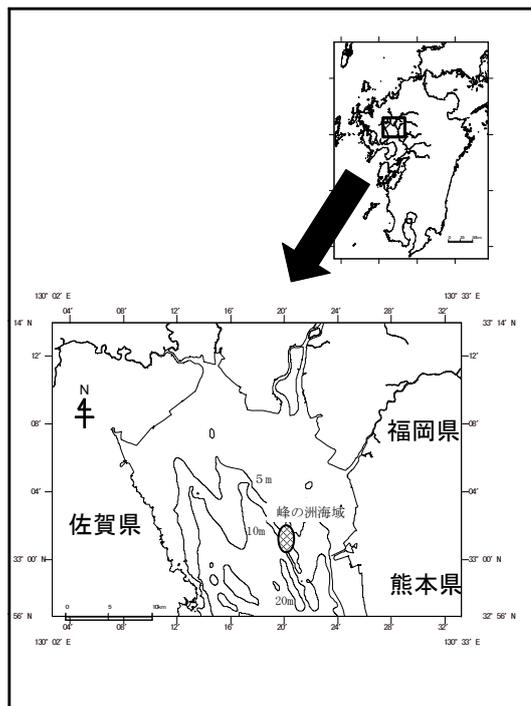


図1 調査区(峰の洲海域)

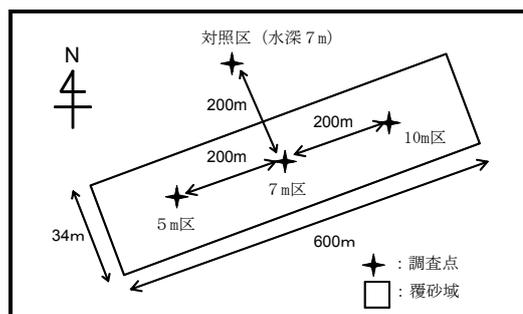


図2 調査点

次に、各調査項目の平均値をみると、浮泥堆積厚の平均値は、対照区の2.64mmと比較し、5m区では2.57mm、7m区では2.43mm、10m区では3.00mmとほぼ同等であった。酸揮発性硫化物量の平均値は、対照区の0.068mg/g乾泥と比較し、5m区では0.022mg/g乾泥、7m区では0.035mg/g乾泥と低かったが、10m区では0.102mg/g乾泥と高い値を示した。強熱減量の平均値は、対照区の4.58%と比較し、5m区では2.32%、7m区では2.78%、10m区では4.17%と覆砂域の方が低い値を示した。また、水深帯別の比較では、水深が浅くなるほど低い値を示した。中央粒径値の平均値は、対照区の2.52と比較し、5m区では0.82、7m区では0.84、10m区では1.55と、強熱減量と同様に、覆砂域の方が低く、また水深が浅くなるほど低かった。泥分率の平均値は、対照区の24.98%と比較し、5m区では6.36%、7m区では10.51%、10m区では17.84%と強熱減量や中央粒径値と同様に、覆砂域の方が低く、水深が浅くなるほど低い値を示した。

これらの結果のうち、各調査点の調査日が同一であった2012年4月～2013年9月までのデータを用い、調査日と調査点を説明要因、各調査項目を目的要因として、繰り返しのない二元配置分散分析による検定を行った結果、浮泥堆積厚は調査点に有意差は認められなかったが、酸揮発性硫化物量、強熱減量、中央粒径値、泥分率については、調査点毎に有意差が確認された(表1)。

また、検定によって調査点毎の有意差が確認された各調査項目について、調査日毎の平均値の95%信頼区間求めて比較を行った。その結果、酸揮発性硫化物量をみると、対照区では0.049～0.098mg/g乾泥、5m区では0.004～0.053mg/g乾泥、7m区では0.019～0.068mg/g乾泥、10m区では0.104～0.153mg/g乾泥となり、10m区だけが特異的に高かった。強熱減量では、対照区において4.27～5.17%、5m区で1.96～2.86%、7m区で2.52～3.42%、10m区で4.13～5.03%となり、5m区と7m区で低く、10m区と対照区で高かった。中央粒径値では、対照区において2.38～2.73、5m区で0.63～0.97、7m区で0.72～1.06、10m区で1.49～1.83となり、5m区が最も低く、次いで7m区、10m区、対照区の順であった。

泥分率では、対照区において22.5～29.1%、5m区で6～10.3%、7m区で8.7～15.4%、10m区で17.6～24.3%となり、中央粒径値と同様の傾向を示した。

表1 繰り返しのない二元配置分散分析の結果

項目	P値	F値	d f 1	d f 2
浮泥堆積厚	0.46	2.71	3	84
酸揮発性硫化物量	4.84*(10の-7乗)	2.71	3	84
強熱減量	5.31*(10の-12乗)	2.71	3	84
中央粒径値	3.36*(10の-26乗)	2.71	3	84
泥分率	4.45*(10の-12乗)	2.71	3	84

2. 流況調査

各調査点における2011年10月から2013年9月までの平均流速と最大流速を表2に、また各年の四半期(4～6月を春季、7～9月を夏季、10～12月を秋季、1～3月を冬季)に分けて、各調査点における季節別の平均流速を算出し、表3に示した。

調査期間中の平均流速は5m区で9.12cm/sと最も高く、次いで7m区の8.16cm/s、10m区の8.14cm/sであった。最大流速は、7m区で40.83cm/sと最も速く、次いで5m区の39.26cm/s、10m区の37.71cm/sであった

季節別の平均流速は、全調査点で2011年10～12月の秋季に最も速く11.8cm/s、12.0cm/s、11.2cm/sであった。一方、5m区では、2013年4～6月の春季に6.8cm/sと最も遅く、7m区と10m区では、2012年4～6月の春季に5.0cm/s、4.8cm/sと最も遅かった。総じて、春期から夏期に比べ、秋期から冬季にかけての平均流速が速く、また水深が浅いほど平均流速が速い傾向が伺えた。

次に、各調査点において測定を行った流速を5cm/s間隔で区切り、その出現頻度分布を表4に示した。流速20cm/s以上の出現頻度は、5m区で5.16%と最も高く、次いで10m区で4.68%、7m区で3.17%であった。一方、流速5cm/s未満の出現頻度は、10m区で36.91%と最も高く、次いで7m区の32.94%、10m区の4.68%であった。

これら流速と、底質との関連性を明らかにするため、流速の遅い春季～夏季、流速の速い秋季～冬季に分け、それぞれの平均流速、流速20cm/s以上の出現頻度と各底質項目の平均値との相関関係を調べ表5、6に示した。

春季～夏季については、20cm/s以上の出現頻度と中央粒径値で正の相関がみられた($r=0.637$, $p<0.05$)。

秋季～冬季については、平均流速と酸揮発性硫化物量($r=-0.771$, $p<0.01$)、強熱減量($r=-0.654$, $p<0.05$)、泥分率($r=-0.742$, $p<0.01$)で負の相関がみられた。

表2 各調査点における平均流速および最大流速 (cm/s)

調査点	平均流速	最大流速
5m区	9.12	39.26
7m区	8.16	40.83
10m区	8.14	37.71

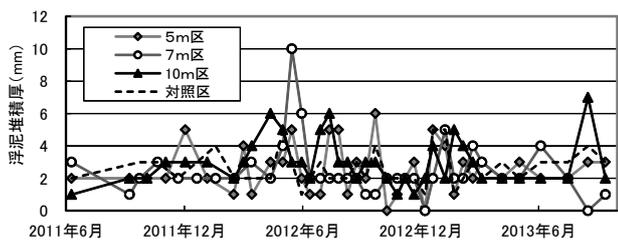


図3 浮泥堆積厚の推移

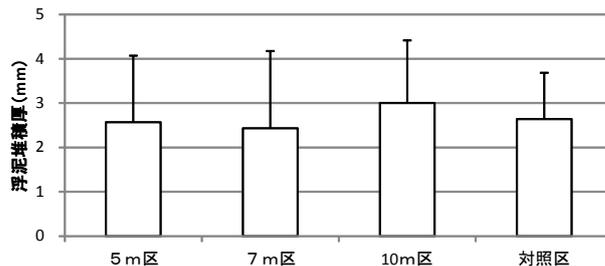


図8 浮泥堆積厚の平均値

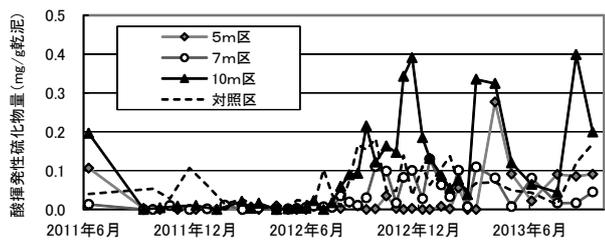


図4 酸揮発性硫化物量の推移

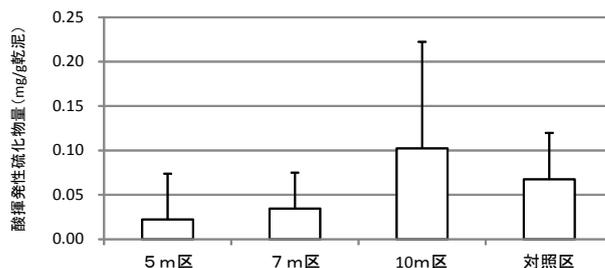


図9 酸揮発性硫化物量の平均値

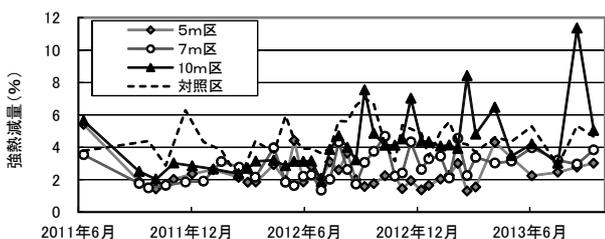


図5 強熱減量の推移

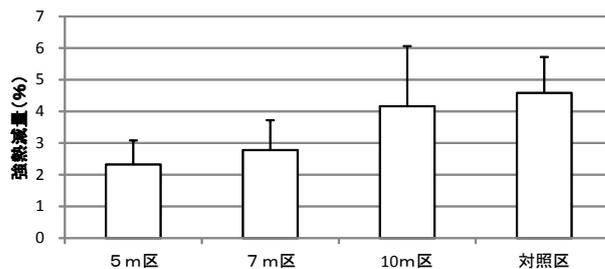


図10 強熱減量の平均値

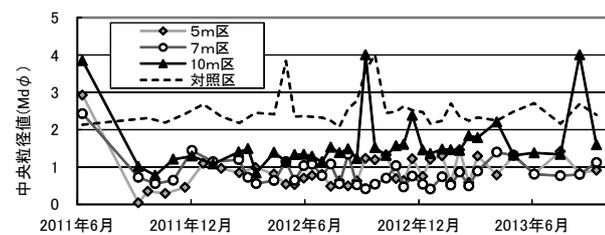


図6 中央粒径値の推移

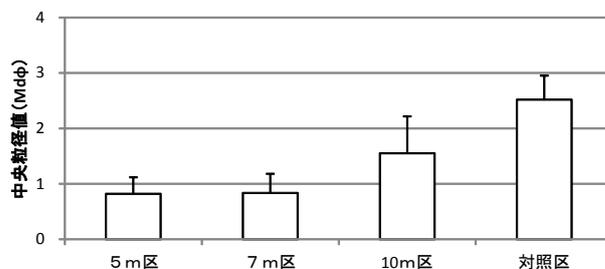


図11 中央粒径値の平均値

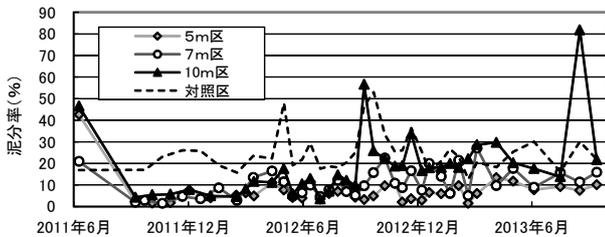


図7 泥分率の推移

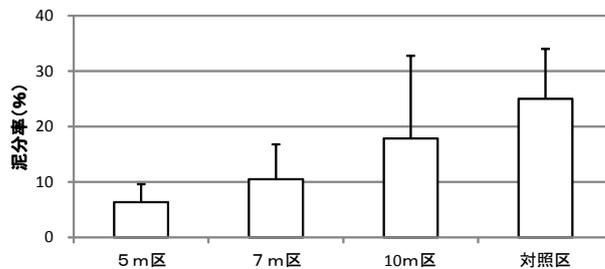


図12 泥分率の平均値

表3 各調査点における季節別の平均流速 (cm/s)

調査期間	5 m区	7 m区	10m区
2011年10~12月 (秋季)	11.8	12.0	11.2
2012年1~3月 (冬季)	11.3	10.0	9.5
2012年4~6月 (春季)	6.9	5.0	4.8
2012年7~9月 (夏季)	7.9	7.6	9.0
2012年10~12月 (秋季)	10.1	8.0	7.1
2013年1~3月 (冬季)	10.8	9.8	10.2
2013年4~6月 (春季)	6.8	5.7	5.0
2013年7~9月 (夏季)	7.4	7.3	8.3

表4 各調査点における流速出現頻度分布

流速階級	5 m区	7 m区	10m区
5cm/s未満	28.34%	32.94%	36.91%
5~10cm/s	33.59%	35.67%	30.50%
10~15cm/s	21.67%	20.04%	18.80%
15~20cm/s	11.24%	8.18%	9.10%
20cm/s以上	5.16%	3.17%	4.68%

表5 流速と底質の相関関係 (春季~夏季)

項目	平均流速	20cm/s以上出現頻度
浮泥堆積厚	-0.130	0.033
酸揮発性硫化物量	0.231	0.379
強熱減量	0.337	0.563
中央粒径値	0.290	0.637 *
泥分率	0.281	0.523

* 5%有意

表6 流速と底質の相関関係 (秋季~冬季)

項目	平均流速	20cm/s以上出現頻度
浮泥堆積厚	0.355	0.415
酸揮発性硫化物量	-0.771**	-0.423
強熱減量	-0.654 *	-0.356
中央粒径値	-0.568	-0.260
泥分率	-0.742**	-0.485

** : 1%有意 * 5%有意

3. マクロベントス調査

各調査点における種類数、個体数、湿重量の推移を図13~15に示した。

種類数については、各調査点毎の差はほとんど認められなかった。調査開始時の2012年10月には各調査点で16~25種であったものが、約半年を経過した2013年5月には44種前後にまで増加した。その後、8月には5m区で56種まで増加したが、他の調査点ではいずれも減少し、32~40種となった。

個体数について、5m区では調査開始時の2012年10月に1,040個体/m²であったものが、約半年を経過した2013年5月には4,368個体/m²まで増加し、その後8月には3,512個体/m²まで減少した。7m区についても、5m区と同様の傾向を示し、調査開始時に296個体/m²であったものが、約半年後には、4,144個体/m²まで増加し、その後1,264個体/m²まで減少した。10m区と対照区では、調査開始時に140個体/m²前後であったものが、約半年後には1,500個体/m²前後となり、その後減少し10m区では680個体/m²、対

照区では344個体/m²となり、同様の傾向を示した。

湿重量について、5m区では、調査開始時の2012年10月の31.1 g/m²から2013年1月には115.9 g/m²と大幅に増加し、2013年5月以降は95.0 g/m²前後の値で推移した。7m区では、調査開始時の6.2 g/m²から約半年後の2013年5月には、87.8 g/m²と増加したが、その後8月には41.3 g/m²まで減少した。10m区と対照区では、20.0 g/m²前後の値で推移し、大きな変動はなかった。

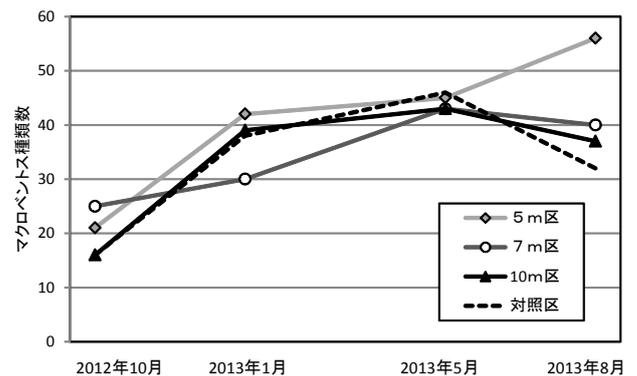


図13 各調査点における種類数

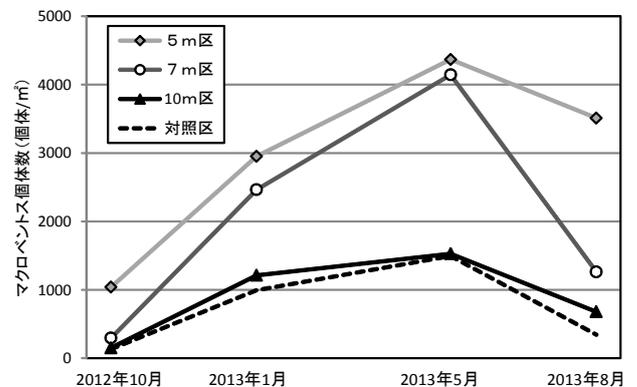


図14 各調査点における個体数 (個体/m²)

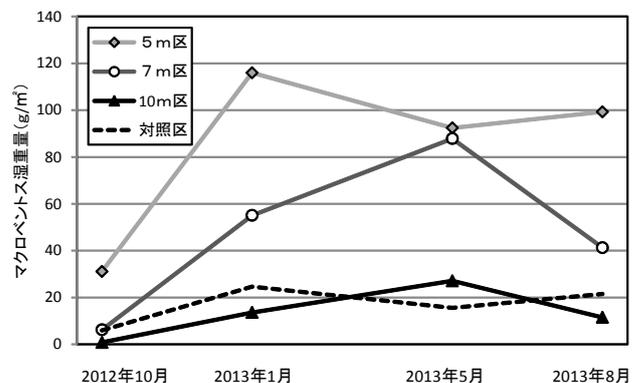


図15 各調査点における湿重量 (g/m²)

4. 有用生物（タイラギ）調査

各調査点における2011年級群タイラギの生息密度の推移を図16に示した。また、各調査点における2011年級群タイラギの生息密度の平均値（タイラギの生息が確認された期間内）を図17に示した。

2011年級群の生息密度をみると、対照区と比較し他の調査点の方が高い傾向がみられた。特に5m区と7m区で高く、調査開始時期にはそれぞれ3.0個体/m²、8.6個体/m²であった。その後、時間経過とともに斬減し、翌年9月には全調査点で生息を確認できなかった。生息密度の平均値は、対照区の0.3個体/m²と比較し、特に7m区で約8倍の2.6個体/m²と高く、次いで5m区で1.8個体/m²であった。10m区では、対照区とほぼ同等であった。

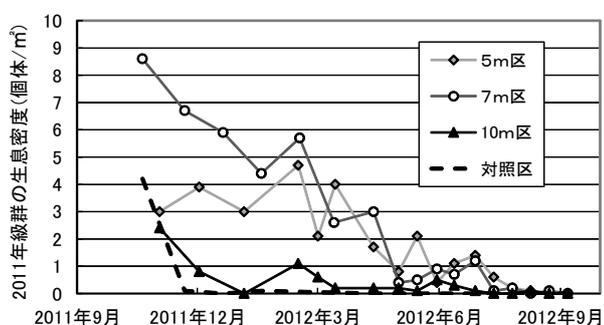


図16 2011年級群タイラギの生息密度の推移

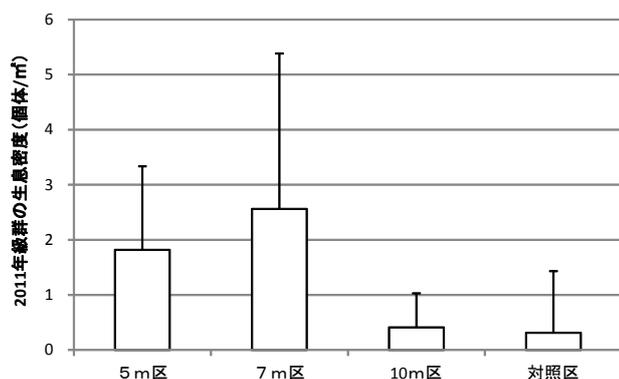


図17 2011年級群タイラギの生息密度の平均値

考 察

底質悪化の指標の一つと言われる浮泥堆積厚^{4,5)}については、各調査区ともタイラギの生息に適するとされる10mm以下を下回り⁶⁾、調査区間で明瞭な差は認められなかった。既報では浮泥は20cm/s以上の流速で巻き上げられ、

堆積が抑制されると考えられている。⁷⁾今回の結果では、流速20cm/s以上の出現頻度は5m区、7m区、10m区ともに6%未満と低かったが、調査期間中の流速5cm/s未満の出現頻度をみると、底質の改善効果の低下がみられた10m区で最も高かったことから、浮泥の堆積は流速5cm/s未満の遅い流速の出現頻度が高いことによって促される可能性が示唆された。

酸揮発性硫化物量、強熱減量、中央粒径値、泥分率について、タイラギの生息に適するとされる値はそれぞれ0.1mg/g乾泥未満、5%未満、3未満、30%未満と報告されており、⁶⁾今回の結果では、いずれの平均値も基準を満たしていた。しかしながら、施工後、早い時期では対照区より覆砂場所での数値が低く推移するなど、覆砂による底質の改善効果がみられたが、1年を経過する頃から水深の深い10m区の数値が高くなるなど、水深の深い場所では浅い場所と比較して、改善効果の持続性がやや劣っていた。これら調査項目と流速との関係を見ると、各項目ともに流れの速い秋季～冬季の平均流速と間に負の相関が確認された。このことから、流速が速くなると底質の悪化が抑制され、底質が良好な状態が維持されると思われる。流速の遅い春季～夏季では負の相関が確認できなかったのは、秋季～冬季の平均流速が7.1～12.0 cm/sであったのと比較し、春季～夏季では4.8～9.0 cm/sと遅く、流れによる底質改善が明瞭でなかったためと考えられた。流速との関係については、流速20cm/s以上の出現頻度が低くても、平均流速が8cm/s以上かつ流速5cm/s未満の出現頻度が低ければ、底質改善効果が十分発揮されると考えられた。

また、秋本ら⁸⁾は、回流水槽実験により、造洲漁場の試料の掃流限界流速は40cm/s以上であると報告し、流速が速い漁場では、潮流により覆砂材が流され覆砂の形状変化が懸念されるが、峰の洲覆砂域の流速は、7m区で最大流速40.83cm/sが1回観測されたのみであったため、本漁場における流速が覆砂漁場の形状変化に与える影響は少ないと考えられた。

マクロベントスは、5m区で他の試験区よりも個体数、湿重量ともに最も多かったが、これは、前述したとおり5m区の底質が良好であり、マクロベントスの生息環境に適していたためであると考えられた。

タイラギの調査では、生息が最も多かった7m区で平均生息密度が2.6個体/m²であり、2009年級群の調査結果の8.2個体/m²と比較し、約1/3の生息密度であった。生息密度は、その年のタイラギ浮遊幼生量や着底量によっても左右されると考えられるが、過去の知見同様、対照

区と比較して明らかに覆砂域の生息密度が高いことが確認された。対照区を含む全調査点において、前述したタイラギの生息基準を満たした底質であったにもかかわらず、対照区より覆砂域、特に5m区や7m区といった浅い場所での生息密度が高かった。杉野ら³⁾は、覆砂によって海底表面に露出した細かい貝殻などが着底基質となってタイラギの着底を促進する可能性を示唆しており、今回の結果においても同様の要因によって、覆砂域での生息密度が高かったと考えられた。

以上のことから、峰の洲海域のように傾斜の大きい海域では、水深が浅いほど流速が速くなり、覆砂による底質の改善効果が維持され、またマクロベントスの個体数、湿重量やタイラギの生息量が、水深が浅い覆砂域ほど多くなっていることなどから判断すると、本海域における覆砂は水深5～7m域において実施することが有効であると考えられる。

本研究では、峰の洲漁場における覆砂後約2年間における水深別の覆砂効果の比較を行ったが、今後も継続して調査を行い、覆砂の形状や覆砂効果がどの程度の期間維持されるかを検証する必要があると考えられる。

謝 辞

独立行政法人水産総合研究センター西海区水産研究所有明海・八代海漁場環境研究センター資源培養グループ栗原健夫主任研究員には、本報告書の底質の統計処理を行うにあたり貴重な助言を頂いた。ここに記して御礼申し上げます。

文 献

- 1) 福岡県. 福岡県水産業の動向. 2001-2007.
- 2) 杉野 浩二郎, 松本 昌大, 山本 千裕. 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. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2011; 21:25-33.
- 3) 杉野 浩二郎, 松本 昌大, 林 宗徳. 有明海環境改善事業(3)タイラギ潜水器漁場改善実証試験. 平成22年度福岡県水産海洋技術センター事業報告, 2012; 200-212.
- 4) 白石 日出人, 本田 一三, 山本 千裕, 尾田 成幸. 覆砂による有明海の底質変化. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 1995; 4:101-103.
- 5) 社団法人 マリノフォーラム21, 芙蓉海洋開発株式会社, 五洋建設株式会社, 日本ミニクニヤ株式会社. 平成23年度有明海漁場造成技術開発事業報告書, 2012.
- 6) 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; 20:53-60.
- 7) 社団法人 日本水産資源保護協会. 平成19年度水産基盤整備調査委託事業報告書-水産基盤整備実証調査-(有明海における覆砂事業等技術開発調査), 2008.
- 8) 秋本 恒基, 山下 輝昌. 回流水槽による造洲漁場の耐久性の検討. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 1993; 1:211-215.

