

福岡湾における覆砂による底質改善効果

江藤 拓也・江崎 恭志
(研究部)

福岡湾における覆砂による底質改善効果を明らかにするとともに、漁業との関連について検討した。

底質の調査結果をみると、強熱減量、全硫化物量ともに覆砂区は対照区の39%、25%と低い値であった。水質の酸素飽和度は、全ての調査で覆砂区が対照区よりも高い値を示した。室内実験における底泥の酸素消費速度及び窒素溶出速度は、覆砂区は対照区の55%、35%と低い値を示した。底生生物は、ほぼ周年、対照区に比べ、覆砂区で種類数、個体数が多く、多様性指数も高い値を示した。

水産有用生物については、小型底びき網で試験操業を行った結果、覆砂区で高価格魚のクルマエビ *Marsupenaeus japonicus* やマコガレイ *Pleuronectes yokohamae* の幼魚等が多く漁獲され、その多様性指数も高かった。刺網の試験操業では、覆砂区でマコカレイの成魚等が多く漁獲され、この結果を対照区と比較すると、覆砂区は漁獲重量で2.3倍、推定金額で3.5倍程度上回った。

福岡湾で覆砂を行うと、底質環境が改善されるとともに餌料となる底生生物が増加し、その結果、水産有用生物の良好な育成場または好漁場を形成することが確認された。

キーワード：福岡湾，覆砂，底質改善効果

福岡湾はクルマエビ、カレイ類等水産有用生物の育成場であり、優良漁場でもある重要な海域である。当該湾は都市化により底質環境が悪化し、底生動物の多様性が低い海域となっている¹⁾。さらに夏季の高水温期には、底層で貧酸素水塊が形成され、クルマエビなどの漁獲量減少要因の1つと考えられており²⁾、底質改善は急務となっている。

福岡県では、福岡湾の底質環境を改善するために、5年前から覆砂事業を実施している。そこで、今回は湾内の4カ所で行われた覆砂事業うち、施設の年数が経過している福岡市東区西戸崎地先の施設（水深5m）を対象に覆砂の効果を明らかにし、今後の事業をより効果的に行うための基礎資料とすることを目的とした。

方 法

福岡市東区西戸崎地先において、2004～2005年に福岡湾地区漁場環境保全創造事業として行われた図1に示す覆砂施設（面積：500×800m、砂厚20cm）を覆砂区とし、そこから南西へ500mの非覆砂地点を対照区として定め、2008～2009年にかけて調査を行った。

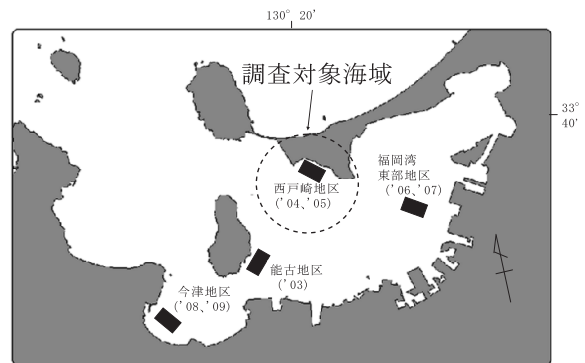


図1 調査海域

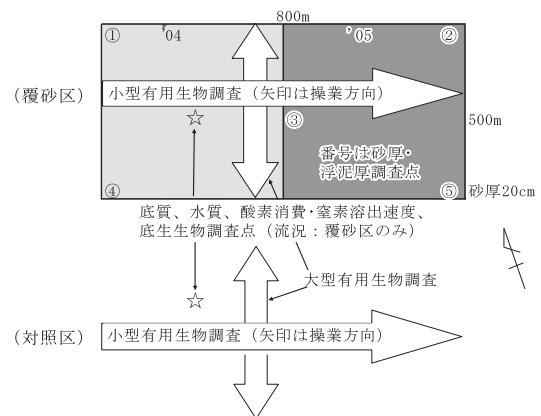


図2 覆砂施設及び調査点

1. 物理・化学的調査

(1) 覆砂施設の形状変化

覆砂施工後の形状変化を明らかにするため、事業後5年経過した覆砂施設（2004年8月施工）において、2009年8月に、内径3cmの亚克力製コアサンプラー（以下コア）を用いて、無作為に5箇所での採泥を行い、砂厚と浮泥厚を測定した。また、流れの影響を確認するため、2009年7月7～22日にかけて図2に示す定点において電磁流速計（アレック電子社製）を用いて底層（底上0.3m）の流れを測定した。

(2) 底質調査

2008年5、8、11月および2009年2月の計4回、図2に示す調査点でコア採泥器を用いて採泥を行い、底泥表面から3cmまでを分取し、この試料を用いて全硫化物量、強熱減量の測定を行った。試験方法は、水質汚濁調査指針⁹⁾に準じて行った。

(3) 水質調査

2008年6～9月の月1回、図2に示す調査点で多項目水質測定装置（アレック電子社製）を用いて覆砂区と対照区における底層の溶存酸素濃度を測定した。

(4) 室内実験による酸素消費速度と窒素溶出速度

2008年7～9月の月1回、図2の2地点において潜水による採泥を行い、酸素消費速度及び窒素溶出速度の測定を行った。採泥容器は、酸素消費速度の測定には長さ30cm、内径10cm、窒素溶出速度の測定は長さ50cm、内径20cmのコアを使用し（図3）、採泥の厚さは前者で15cm、後で25cmとした。採泥後、船上で泥が巻き上がらないようにコア内の海水をサイホンで取り除いた後、別途、採取した底層水を50 μ m ネットでろ過した上でコア内に注入した。実験区は覆砂区、対照区及びブランク区（底層水のみをいれたもの）の3区とし、各試験区のコアの数は1回の試験につき1本とした。

試料は実験室に持ち帰った後、恒温室に設置し、底質表面が乱れないように側面からマグネチックスターラーを用いて攪拌しながら、採水時の水温、暗所の条件で24時間放置した。コア内の海水の酸素濃度は東亜細亜DKK社製マルチメーター（HQ30d）を用いて測定した。窒素濃度は放置前の底層水と24時間放置後のコア内の海水をガラスフィルター（GF/C）でろ過した後測定した。測定は、水質汚濁調査指針⁹⁾に準じて行った。底泥による酸素消費速度と窒素溶出速度は、底層水注入前の酸素濃度及び窒素濃度と24時間放置後のそれらの差から底層水の酸素消費と窒素溶出量を求め算出した。なお、室内実験は覆砂事業計画マニュアル⁹⁾に準じて行った。

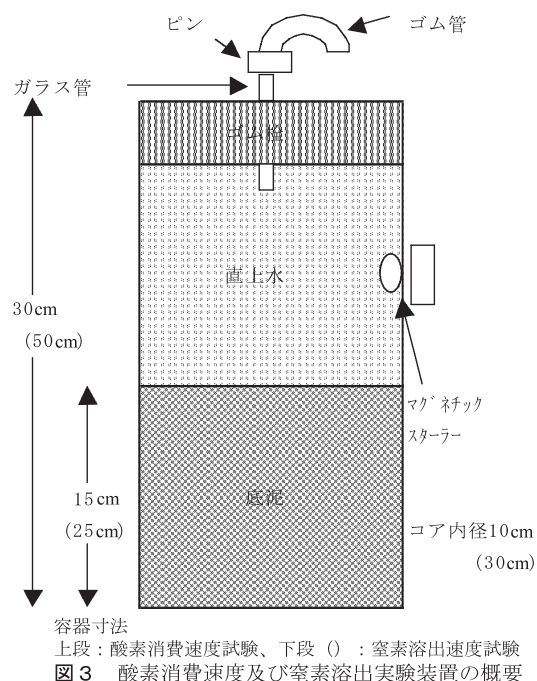


図3 酸素消費速度及び窒素溶出実験装置の概要

2. 生物調査

(1) 底生生物（マクロベントス）調査

2008年5、8、11月及び2009年2月の月1回、図2に示す調査点でスミスマッキンタイヤー型採泥器（1/20 m²）を用いて1回採泥を行った。採取した底泥はその場で1mm目合のふるいで処理し、残存物に10%ホルマリンを加え固定した。底生生物の同定・計数は（株）日本海洋生物研究所に委託した。

(2) 小型有用生物（小型底びき網）調査

小型の有用生物の増集状況を調べるために、2008年7、9月の月1回、図2の調査点において小型底びき網2種（えびごぎ網）を用いて試験操作を行った。試験は夜間で、曳網速度は2.5ノットとし、曳網時間は10分間で行った。使用した漁具は、網の長さ約7mで、小型有用生物が多く採取できるように袖網および身網は12節、袋網は14節とした。ビームには長さ3mの鋼管を用いた。

(3) 大型有用生物（刺網）調査

当該覆砂施設は、春季と秋季を中心に、主にカレイ類を対象として刺網が多く行われているので、操業形態を合わせて、2008年10月と2009年4、10月の月1回、図2の調査点において刺網の試験操作を行った。試験は当該海域の操業実態を反映させるために、両区でそれぞれ、前日に刺網を設置し、翌日に回収した。使用した漁具は、三重網で、内網の目合7節、高さ1.7m、長さ50mのものを用いた。

結 果

1. 物理・化学的調査

(1) 覆砂施設の形状変化

砂厚と浮泥厚を表1に、底層の実測流を図4に示す。5年経過した覆砂施設の砂厚は平均19.2cmで、設計値20.0cmと比較してほぼ変化はみられなかった。

大潮時の底層の実測流は、最大で11.8cm/secであった。今回の覆砂施設で使用した砂のMdφは0.67であり、⁵⁾最大流速はMdφ0.4~1.45の砂の掃流限界流速⁶⁾である40cm/secよりはるかに弱い流れであった。

(2) 底質調査

強熱減量と全硫化物濃度の結果を表2に示す。全硫化物濃度は、両区とも底生動物の生息に影響を与える値(0.50mg/g乾泥)を下回った。⁷⁾覆砂区の強熱減量は対照区のそれを常に下回り、各区の平均値は、前者で0.03mg/g乾泥と低く、後方で0.10mg/g乾泥と高い値を示した。

有機物量の指標となる強熱減量は、覆砂区で平均で4.5%と低く、対照区で11.6%と、覆砂区は対照区の約1/3の値を示した。

(3) 水質調査

底層の溶存酸素濃度の測定結果を図5に示す。調査時に両区とも貧酸素水塊の形成はみられなかった。覆砂区は対照区に比べて、全ての調査で高い値を示し、特に、8月と9月には、対照区ではそれぞれ66%、68%と低い値を示したのに対し、覆砂区では95%、88%と対照区を大きく上回った。

(4) 酸素消費速度と窒素溶出速度

酸素消費速度と窒素溶出速度の結果を表3に示す。酸素消費速度は、いずれも覆砂区より対照区で高い値を示し、平均値で比較すると覆砂区136mg/m²/dayであるのに対し、対照区249mg/m²/dayで、前者は、後者の55%にとどまった。

表1 覆砂5年後の砂厚と浮泥厚の比較

調査点	砂厚(cm)	浮泥(cm)
①	19.5	1.0
②	19.0	1.5
③	20.0	0.5
④	18.5	1.0
⑤	19.0	1.0
平均	19.2	1.0

(調査日'09年7月22日 設計は砂厚20cm)

窒素溶出速度を比較すると、いずれも覆砂区より対照区の方が高い値を示し、覆砂区は平均22mg/m²/dayであるのに対し、対照区は平均62mg/m²/dayで、前者は後者の35%にとどまった。試験時の底層水温は24.3~26.7℃の範囲を示した。

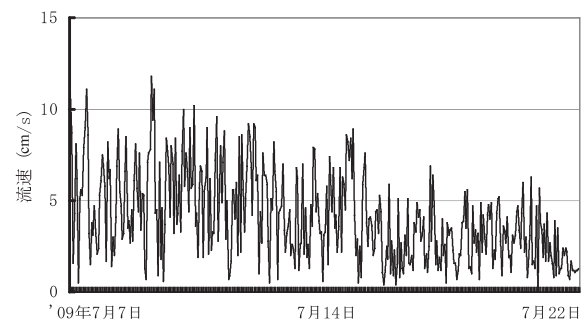


図4 覆砂区の底層の流れの実測値

表2 底質環境の比較

調査日	覆砂区(A)	対照区(B)	A/B*100
'08 5/11	0.02	0.06	
全硫化物 (mg/乾泥g)	8/19	0.04	0.12
	11/26	0.03	0.15
'09 2/12	0.02	0.08	
平均	0.03	0.10	25%
'08 5/11	4.1	13.1	
強熱減量 (%)	8/19	5.8	11.0
	11/26	4.1	12.1
'09 2/12	3.8	10.1	
平均	4.5	11.6	39%

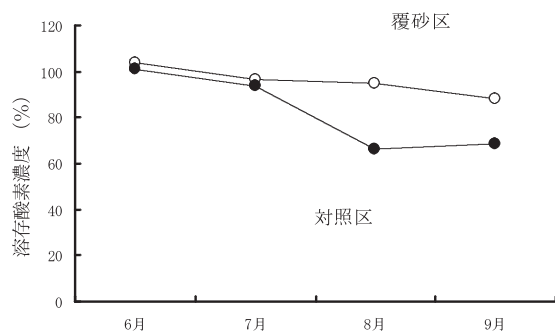


図5 底質の溶存酸素濃度の比較

表3 室内実験による酸素消費速度と窒素溶出速度

試験日	酸素消費速度 (mg/m ² /day)			窒素溶出速度 (mg/m ² /day)			試験時の底層水温 (℃)
	覆砂区(A)	対照区(B)	A/B*100	覆砂区(A)	対照区(B)	A/B*100	
'08年 7/22~23日	55	66		17	70		25.2
8/25~26日	162	373		36	100		26.7
9/24~25日	191	308		13	17		24.3
平均	136	249	55%	22	62	35%	

2. 生物調査

(1) 底生生物(マクロベントス) 調査

底生生物の測定結果及び個体数 (Pi) と種類数 (ln) をもとに多群集の定量的な評価指標である Shannon-Wienwer 多様度指数 (H') = - ΣPi × ln(pi) を算出した結果を表4に示す。2008年5月の個体数と2009年2月の多様度指数を除くと、覆砂区は対照区に比べ個体数、種類数は多く、多様度指数が高かった。種類数及び多様度指数 (H') は覆砂区で47~54種、3.63~4.81、対照区で27~37種、3.03~4.16であった。

個体数の種類をみると、両区とも多毛類と軟体類の占める割合が高かった。

(2) 小型有用生物(小型底びき網) 調査

小型有用生物の調査結果を表5に、その中で2008年7月の結果を図6に示す。覆砂区は対照区に比べ、全ての調査で個体数、種類数が多く、多様度指数 (H') が高かった。種類数及び多様度指数 (H') は覆砂区でそれぞれ9~11種、2.57~2.58であり、対照区では4種、0.75~1.04であった。魚種をみると、覆砂区で高価格魚のクルマエビ(平均全長13cm)、マコガレイ(平均全長8cm)、カニ類(平均全長13cm)の幼魚等が多く、低価格魚のシロギス *Sillago japonica* (平均全長15cm) はほぼ同程度であった。

(3) 大型有用生物(刺網) 調査

大型有用生物の調査結果を表6に、その中で2008年10月の結果を図7に示す。2009年4月と10月の個体数を除くと、対照区に比べ、覆砂区の方が個体数、種類数が多く、多様度指数 (H') が高かった。種類数及び多様度指数 (H') は覆砂区でそれぞれ3~9種、1.37~2.92であり、対照区では2~5種、0.72~1.99であった。魚種をみると、覆砂区で高価格魚のマコガレイ(平均全長27cm)の成魚等が多く、低価格魚のシログチ *konosirus punctatus* (平均全長23cm)、コノシロ *Pennahia argentata* (平均全長25cm) 等は対照区で多かった。

表5 小型底びき網試験操業結果

		'08年7月26日		'08年9月20日		全長(mm) 平均(最小-最大)
		覆砂区	対照区	覆砂区	対照区	
高価格魚	クルマエビ	15	1	1		134(115-160)
	マコガレイ	4				80(77-84)
	ガザミ			1		143
	タイワンガザミ			8	2	130(115-150)
	スズキ	3	2	2		172(90-250)
	マダイ			1		145
低価格魚	シロギス	21	27	17	12	148(103-240)
	フグ類	2		3	1	170(150-202)
	シャコ		1			125
	その他	14		5	1	
	個体数	59	31	38	16	
種類数	9	4	11	4		
多様度指数 (H')	2.57	0.75	2.58	1.04		



覆砂区



対照区

図6 小型底びき網試験操業の漁獲物('08年7月)

表4 底生生物調査結果

	'08.5.20		8.25		11.26		'09.2.18	
	覆砂区	対照区	覆砂区	対照区	覆砂区	対照区	覆砂区	対照区
多毛類	151	104	201	85	191	83	195	103
甲殻類	4	10	9	4	10	7	31	18
棘皮類	3	0	6	0	1	0	3	1
軟体類	19	110	257	119	30	84	189	20
その他	11	7	7	2	11	10	16	10
個体数(個体)	188	231	480	210	243	184	434	152
種類数(種類)	47	29	54	27	53	30	47	37
多様度指数(H')	4.43	3.15	3.93	3.03	4.81	3.53	3.63	4.16

表6 刺網試験操業結果

		'08年10月29日		'09年4月28日		'09年10月22日		全長(mm) 平均(最小-最大)
		覆砂区	対照区	覆砂区	対照区	覆砂区	対照区	
高価格魚	マコガレイ	6	2	3	1	4	2	273(240-318)
	イシガレイ			1				235
	ヒラメ					1		260
	スズキ	1		1				385(350-420)
	ウマズラハギ	1						209
	オニオコゼ	1						185
	タイワンガザミ	2						130(117-133)
低価格魚	シログチ		1			1	4	235(215-285)
	コノシロ					1	6	252(240-265)
	シャコ		1		4			140(122-170)
	その他					5	1	
	個体数	11	4	5	5	12	14	
種類数	5	3	3	2	9	5		
多様度指数 (H')	1.87	1.49	1.37	0.72	2.92	1.99		



覆砂区



対照区

図7 刺網試験操業の漁獲物('08年10月)

考 察

福岡湾において、事業後5年経過した覆砂施設は、砂厚が当初と比べ、ほぼ変化はみられなかった。このことは同様の事業が行われている有明海の事例⁸⁾(10年経過後、73%に減少)豊前海の事例⁹⁾(5年経過、70%に減少)と比較すると減耗が小さい。その原因として、1つ目は大潮時の最大流速が11.8 cm/secと掃流限界流速より弱く、通常の流れではほとんど砂は流出しないと考えられること、2つ目は福岡湾は陸域に囲まれた閉鎖的な内湾であるため台風等の時化時の流れによる砂流出は少ないことが考えられる。

底質環境の結果をみると、対照区では硫化物量、強熱減量の値が高いことから、有機物が多く、底質環境が悪化していることが推定された。しかし、覆砂区ではこれらの値は低く、覆砂により有機物が減少し、底質環境が改善されることが示唆された。

室内での底泥の酸素消費速度及び窒素溶出速度と現場での底層の溶存酸素濃度の結果から、覆砂を行うと、底泥の酸素消費と底泥からの窒素溶出が減少し、貧酸素水塊の発生を抑制し、過剰な栄養塩の供給を防止し、生物

に好適な生息環境を創造することが期待できる。その結果、底生動物の個体数が増加するとともに種の多様性が高まり、それらの底生動物を餌量として、砂質を好む高価格魚のクルマエビやマコカレイなどが蟄集することで、水産有用生物の良好な育成場または好漁場を形成するものと考えられる。

今回調査した覆砂施設の漁場としての経済効果を把握するために、刺網試験の漁獲魚種について、そのサイズや福岡水市場のデータをもとに推定漁獲金額を算出した。根拠となる想定単価を表7に、推定漁獲金額を表8に示す。覆砂区と対照区の平均を比較すると、覆砂区は漁獲重量で2.3倍、推定漁獲金額で3.5倍対照区を上回り、価値からも覆砂効果が示された。

今回は、福岡湾での事業後5年経過した覆砂施設の効果を評価したが、今後は他の覆砂施設についても同様の検証するとともに、さらに長期的な観点での評価が必要であろう。

表7 魚種別の想定単価

魚 種	金額 (円)
オニオコゼ	800
スズキ	700
マコガレイ	600
イシガレイ	600
ヒラメ	600
タイワンガザミ	600
シャコ	500
ウマズラハギ	400
シログチ	200
コノシロ	100

(1kg当たり)

表8 刺網での漁獲量と推定漁獲金額

	漁獲重量(kg)			推定金額(円)		
	覆砂区(A)	対照区(B)	(A)/(B)	覆砂区(A)	対照区(B)	(A)/(B)
H20.10.29	3.05	0.82		1,867	432	
H21.4.28	1.54	0.34		1,008	188	
H21.10.22	2.23	1.86		930	452	
平均	2.27	1.01	2.3倍	1,268	357	3.5倍

文 献

- 1) 本田清一郎：福岡湾の底生生物群集の季節変化，福岡水海技センター研報，第1号．189-198(1993)．
- 2) 篠原満寿美：福岡湾における貧酸素水塊の発生状況，福岡水海技センター研報，第12号．81-87(2003)．

- 3) 日本水産資源保護協会編：水質汚濁調査指針，237-256(1980).
- 4) 水産庁：覆砂事業効果計測マニュアル(2003)
- 5) 福岡県水産振興課：平成16年度福岡湾地区漁場保全創造工事(2004).
- 6) 秋本恒基・山下輝昌：回流水槽による造州漁場の耐久性の検討，福岡水海技センター研報，第1号. 211-215 (1993) .
- 7) 荒川清：底泥中の有機物の発酵とベントスの生息との関係，内水研報告，第7号，12--15(1955).
- 8) 福岡県水産振興課：平成20年度福岡有明地区漁場保全創造工事(2008).
- 9) 江藤拓也・佐藤利幸・長本篤・上妻智行：豊前海沖合域における覆砂による底質改善効果，福岡水海技センター研報，第16号. 115-120(2006).