

豊前海浅海域における覆砂による底質改善効果

江藤 拓也・中川 浩一・佐藤 博之
(豊前海研究所)

Effect on Improvement of Bottom Sediment by Sand Capping in the shallow sea area of the Buzen Sea.

Takuya ETO, Koichi NAKAGAWA and Hiroyuki SATO
(Buzenkai Laboratory)

豊前海福岡県地先は底質の有機汚染が進行しており、底生動物の個体数および種の多様性が低い海域である¹⁾。さらに、夏季の底層に貧酸素水塊が形成され、しばしば沿岸漁業に大きな被害を与えている²⁾。豊前海では数年前から覆砂による底質改善が試みられており、泥線周辺(水深2m)の改善効果については、すでに報告されている³⁾。しかし、それより深い水深の海域における改善効果については未解明な点が多い。そこで、行橋市蓑島地先の覆砂域(水深8m)を対象に物理・化学的調査等をした結果、覆砂による底質改善効果が認められ、あわせて泥線周辺の覆砂との効果の差異が明らかになったので報告する。

方 法

福岡県行橋市地先において、1993~'96年に行われた図1に示す覆砂域(シーブルー事業:運輸省第四港湾建設局,面積 200×800m,砂厚0.5m)周辺を調査海域として、覆砂区を定め、そこから西へ500mの地点を対照区として'97年から'98年にかけて調査した。

1. 物理・化学調査

(1) 覆砂後の形状変化

覆砂後の形状変化を明らかにするため、覆砂後4年経過した施設('93年11月施工)と1年経過した施設('96年11月施工)の底質の粒度組成を測定するとともに、両覆砂区において、コア(内径3cm)を用いて、無作為に5箇所の砂厚および浮泥量(覆砂上に堆積している泥)を測定した。また、流れの影響を確認するために、'93年7月3日から19日にかけて図1に示す定点において電磁流速計(アレック電子)を用いて底層の流れを測定した。

(2) 底質調査

'97年5, 8, 11月および'98年2月の計4回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、底質分析試料とした。この試料を用いて硫化物量、強熱減量および有機炭素の測定を行った。分析方法はすべて水質汚濁調査指針⁴⁾に従った。

(3) 水質調査

'97年5月から'98年2月までの間に計7回、DOメーター(YSI社製)を用いて底層の溶存酸素濃度を測定した。

(4) 酸素消費速度と窒素溶出速度

底泥による酸素消費速度と栄養塩溶出速度は'97年5月から'98年2月までの間に計7回現場コア法で算出した。

試験方法は、神蘭ら³⁾の方法に準じて行った。

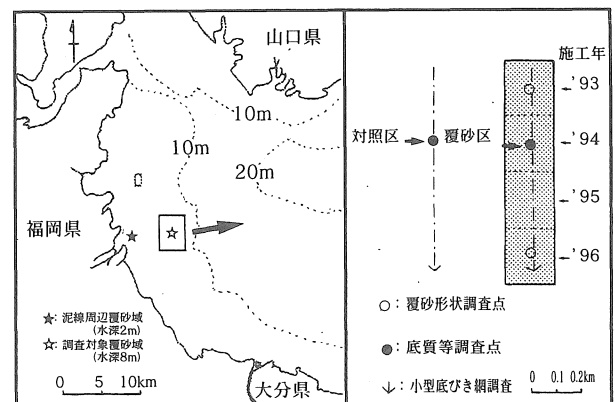


図1 調査海域および調査点

2. 生物調査

(1) 底生動物(マクロベントス)

調査は'97年5, 8, 11月および'98年2月の計4回スミスマッキンタイヤー型採泥器(1/20m³)を用いて1回採泥を

値(0.50mg/g乾泥)⁶⁾を上回った。有機物量の指標となる強熱減量は覆砂区で平均で2.9%と低く、対照区で9.7%と、覆砂区の約3倍の値を示した。有機炭素は覆砂区で平均で2.47mg/g乾泥と低く、対照区で21.54mg/g乾泥と、覆砂区の約10倍の値を示した。

(3)水質調査

底層の溶存酸素濃度の測定値を図4に示す。

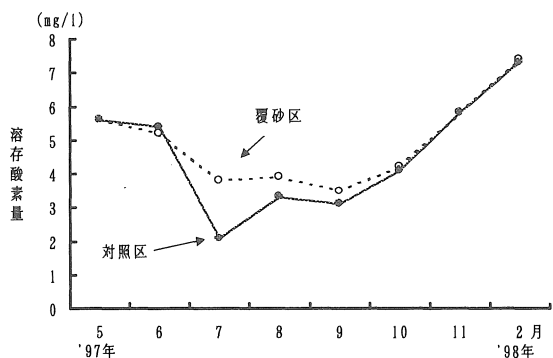


図4 底層の溶存酸素濃度の比較

一般に夏季に底層の溶存酸素濃度は低下するが、対照区に比べて、覆砂区で高い値を示しており、特に7月に覆砂区では3.8mg/lを示し、これは対照区での2.1mg/lよりはるかに高かった。

(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に示した。

表3 コアを用いた現場での底層の酸素消費速度と窒素溶出速度の試験結果

試験日	酸素消費速度 (mg/m ² /day)		窒素溶出速度 (mg/m ² /day)		試験日の 底層水温 (°C)	
	覆砂区(A)	対照区(B)	覆砂区(A)	対照区(B)		
'97年5/8~9日	69	121	38	44	16.0	
6/11~12日	298	174	88	139	22.5	
7/10~11日	107	179	53	98	22.8	
8/13~14日	105	132	39	70	27.2	
9/11~12日	110	231	144	151	26.5	
10/7~8日	231	377	53	158	20.4	
11/13~14日	220	342	28	34	17.0	
'98年2/5~6日	55	58	29	7	7.6	
平均	143	195	73%	59	88	68%

酸素消費速度をみると、'97年6月に覆砂区の値が対照区より高い値を示した以外は、いずれも対照区が高かった。平均値で比較すると覆砂区の値は143mg/m²/dayであるのに対し、対照区での値は195mg/m²/dayであった。

窒素溶出速度を比較すると、'98年2月に覆砂区の値が対照区より高い値を示した以外は、いずれも対照区の方が高い値であった。覆砂区は平均59mg/m²/dayであるのに対し、対照区は平均88mg/m²/dayで68%まで減少していた。

試験時の底層水温は7.6~27.2°Cの範囲を示した。

2.生物調査

(1)底生動物(マクロベントス)

底生動物の測定結果を表4に示す。

表4 底生動物調査結果

	'97 5/8		8/13		11/13		'98 2/5	
	覆砂区	対照区	覆砂区	対照区	覆砂区	対照区	覆砂区	対照区
紐形動物門	1		3				7	
星口動物門	3	4	3		1	1	1	
環形動物門	51	34	54	3	86	15	6	1
軟体動物門	15	10	32	16	5	14	2	5
(チヨノハナガイ)								1
(シズクガイ)		2				4		2
節足動物門	12	2	3	1	4	0	7	15
棘皮動物門							1	
毛顎動物門	2							
脊椎動物門	1							
個体数	85	52	95	20	96	34	24	24
種類数	20	12	19	4	18	10	11	7
多様度指数(H')	3.13	3.00	3.20	1.02	3.10	3.02	2.95	1.76

覆砂区で周年、個体数、種類数および多様度指数が高かった。汚染指標種であるチヨノハナガイとシズクガイは対照区で5, 11, 2月に1~4個体出現していた。

(2)有用生物

1)建網(えび建網)

えび建網を用いて試験操業した結果を表5に示す。

表5 えび建網による主な漁獲物(尾数)の比較

	覆砂区						対照区						
	97.6	7	8	9	10	11 平均	97.6	7	8	9	10	11 平均	
クルマエビ	3.4	9.2	3.6	6.6	3.2	5.2	5.2	0	0	0	0	0	0
ガザミ	0	0	0	0	0.4	0	0.1	0	0.2	0.2	0	0	0
カレイ類	0.2	2.2	0	0	0.8	1.0	0.7	0	0.8	0	0	0	0.1
ウナギ類	0.2	13.2	7.4	4.6	0	0	4.2	0.4	0.8	3.6	3.6	0	0.4
シャコ	0.8	30.0	3.6	3.2	1.6	1.8	6.8	1.0	3.2	4.8	0	2.0	19.6
その他	3.6	1.8	0.6	0.4	0.6	5.8	2.1	5.4	0.8	0.6	0.6	0.4	3.6

対照区では主漁獲物であるクルマエビは漁獲されなかったが、覆砂区では調査したすべての月で漁獲されており、月平均5.2尾/反であった。

ウシノシタ類、シャコは7月を除くと、対照区で多いかもしくは覆砂区と同等の漁獲があった。7月には覆砂区で多く漁獲されていた。同時期は貧酸素化が進行した時期であり(図4)、これらの魚種が酸素濃度が低い対照区から、酸素濃度の高い覆砂区に移動したことが示唆される。

2)小型底びき網

豊前海の水深の深い覆砂海域は、主に小型底びき網が利用することが予想されるので、操業時間、操業速度等を実態に合わせて試験操業を行った(表6)。

表6 小型底びき網試験結果

調査日	'97 5/8		8/29		11/28		'98 2/19	
	昼		夜		昼		夜	
操業時間	覆砂区	対照区	覆砂区	対照区	覆砂区	対照区	覆砂区	対照区
高価格魚	クルマエビ		33		27		2	
	カレイ類	20	16	3	13		4	2
低価格魚	ヒヨドリギ	31	6	29	26	286		1
	シンドライカ	2171	298	632	483	350	350	70
	その他	266	318	687	483	416	645	76
個体数	29	8	25	14	26	13	16	12
種類数	3.31	1.93	1.90	1.37	3.55	2.48	2.42	1.89
多様度指数(H')								

行い、現場で採取した底泥を1mmの目合の篩で処理し、残存物に10%ホルマリンを加え固定した。底生動物の同定・計数は(株)阪神臨海測量に委託した。

(2)有用生物

1)建網(えび建網)

調査は'97年6月から11月までの間に計6回、覆砂区と対照区および泥線周辺の覆砂区³⁾の3つの場所においてそれぞれ建網(えび建網)5反を用いて試験操業を行った。

2)小型底びき網

'97年5, 8, 11月の計3回小型底びき網2種(えびこぎ網:以下小底2種), '98年2月には小型底びき網3種(貝けた網:以下小底3種)を使用して試験操業を実施した。漁獲された生物のうち有用魚類の個体数と種類数を測定した。操業は当海域の操業実態に合わせて5, 2月は昼間, 8, 11月は夜間, 操業速度は2.5ノット, 曳網時間10分で行った。

3.水深別改善効果の比較

水深別の改善効果の比較は、泥線周辺の施設と調査月を合わせるために底質環境は8月の値、酸素消費速度およびN溶出速度は5~10月までの計6回の平均値を用いた。

結 果

1.物理・化学調査

(1)覆砂後の形状変化

覆砂後4年経過した施設('93年施工)と1年経過した施設('96年施工)の底質の粒度分布を図2に示す。

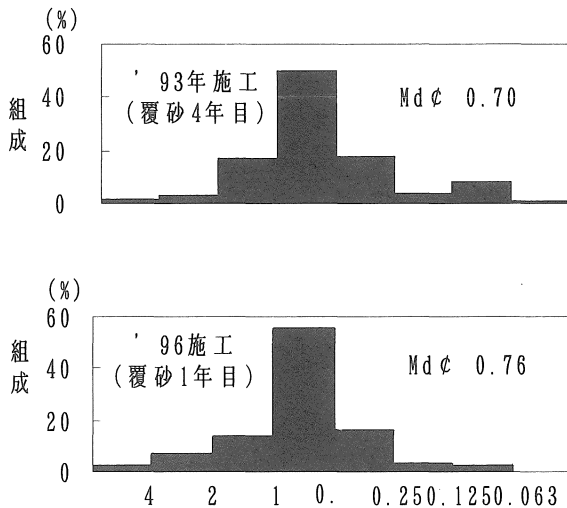


図2 粒度組成

両年ともに粒径1~0.5mmの占める割合が高く、中央粒径値(Mdφ)は'93年11月が0.70、'96年11月が0.76とほ

ぼ同様の値を示した。

表1に示した砂厚と浮泥量は'93年が平均で46.7cmと4.4cm, '96年が47.8cmと4.0cmであり、ほぼ同様の値を示した。

表1 施工年別の砂厚と浮泥量の比較

	'93年施工 (覆砂4年目)		'96年施工 (覆砂1年目)	
	平均	範囲	平均	範囲
砂厚(cm)	46.7	(44.0~52.5)	47.8	(43.0~53.0)
浮泥量(cm)	4.4	(3.0~5.0)	4.0	(3.0~5.0)

図3に示した底層の実測流は最大で24cm/secの流れが測定されており、この値はMdφ0.4~1.45の砂の掃流限界流速⁵⁾(40cm/sec)以下であった。

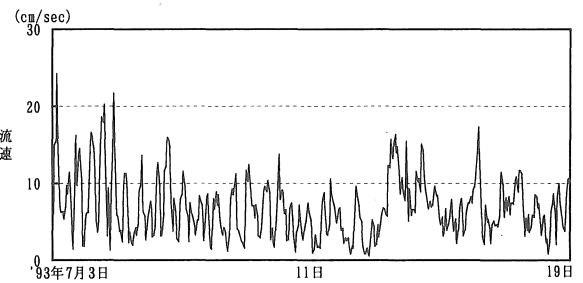


図3 覆砂予定海域の大潮から大潮までの底層の流れの実測値

(2)底質調査

覆砂区と対照区の硫化物濃度、強熱減量および有機炭素の測定値と平均値を表2に示す。

表2 底質環境の比較

	調査月	覆砂区(A)対照区(B) A/B*100		
		覆砂区(A)	対照区(B)	
硫化物 (mg/乾泥g)	'97 5/ 8	0.01	0.09	
	8/13	0.04	0.87	
	11/13	0.02	0.39	
	'98 2/ 5	0.01	0.15	
	平均	0.02	0.38	5%
強熱減量 (%)	'97 5/ 8	2.9	11	
	8/13	3.8	9.9	
	11/13	3.2	9.7	
	'98 2/ 5	1.6	8.1	
	平均	2.9	9.7	30%
有機炭素 (mg/乾泥g)	'97 5/ 8	1.95	24.51	
	8/13	1.80	18.23	
	11/13	1.52	22.14	
	'98 2/ 5	3.95	21.26	
	平均	2.47	21.54	11%

硫化物濃度は覆砂区で平均で0.02mg/g乾泥と低く、対照区で0.38mg/g乾泥と高い値を示した。対照区の8月には0.87mg/g乾泥を示し、底生動物の生息に影響を与える

漁獲された個体数は8月を除くといずれも対照区の方が多かった。種類数および多様度指数(H')は覆砂区でそれぞれ16~29種と1.90~3.31であり、対照区では8~14種と1.37~2.48であった。魚種をみると、覆砂区で高価格魚のクルマエビ、カレイ類が多くなっており、低価格魚のヒイラギ、ジンドウイカ等は対照区で多かった。

3) 泥線周辺(水深2m)と水深8mでの底質改善効果の比較

豊前海では泥線周辺(水深2m)の覆砂効果は報告されており³⁾、今回の調査で水深8mの海域においても改善が認められた。そこで、造成後の経過年数(3年)と砂厚(50cm)がほぼ一致するそれぞれの海域で効果の比較を行った。

水深別の底質環境を表7に示す。

表7 水深別の覆砂区底質の比較

	水深8m			水深2m		
	覆砂区(A)	対照区(B)	A/B*100	覆砂区(A)	対照区(B)	A/B*100
硫化物 (mg/乾泥g)	0.04	0.87	5%	0.01	0.76	1%
強熱減量 (%)	3.4	9.9	38%	0.85	8.87	10%
有機炭素 (mg/乾泥g)	1.8	18.23	10%	0.85	18.01	5%

水深2mでの覆砂区の底質は、水深8mでのそれに比べて、すべての項目で良好であった。

水深別の酸素消費速度および窒素溶出速度の効果を表8示す。

表8 水深別の酸素消費速度と窒素溶出速度の比較

	水深8m			水深2m		
	覆砂区(A)	対照区(B)	A/B*100	覆砂区(A)	対照区(B)	A/B*100
酸素消費速度 (mg/m ² /day)	154	202	76%	311	283	110%
窒素溶出速度 (mg/m ² /day)	69	110	63%	16	28	57%

酸素消費速度の軽減割合は水深8mの覆砂区が対照区の76%、水深2mが110%であり、深い水深の方が底泥の酸素消費を抑える効果が高かった。

窒素溶出速度の効果は水深8mが63%、水深2mが57%とほぼ同じ値を示した。

水深別の建網(えび建網)の効果を図5に示す。

主漁獲物のクルマエビについて月別の漁獲尾数をみると漁期前半(6~8月)は水深2mの覆砂区で多く漁獲されている。しかし、漁期後半(9~11月)には、漁獲量は減少し、水深8mの方が漁獲量は多かった。1尾当たりの平均重量は、漁期前半には両水深でほぼ同様の値を示したが、漁期後半には、水深8mの方が大型の個体が漁獲された。

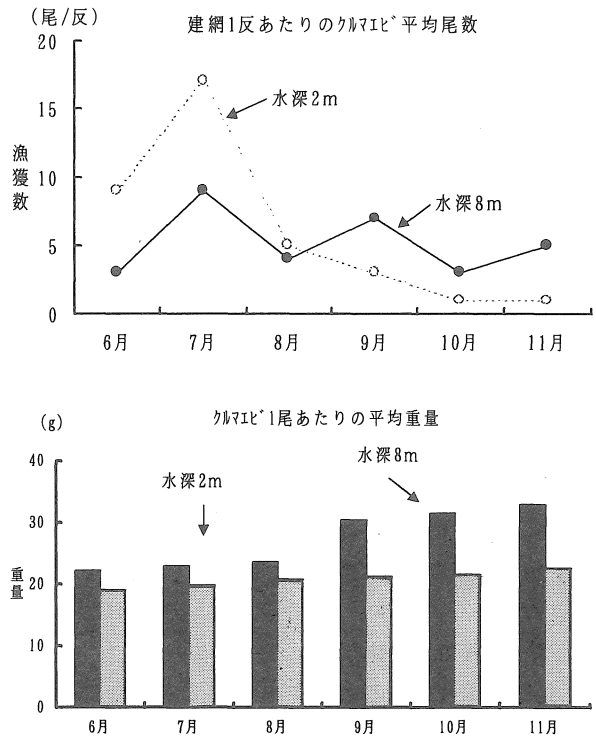


図5 水深別のえび建網により漁獲されたクルマエビの比較

考 察

覆砂後4年経過した施設と1年経過した施設で粒度組成、砂厚および浮泥量の差がみられないことと現場海域の底層の流速から流砂はほとんどないと思われることから覆砂後の形状はほぼ維持されているものと推察される。

底質環境の指標である硫化物量、強熱減量および有機炭素の値から対照区では有機物が多く、汚染が進行していることが伺えた。しかし、覆砂を行うと有機物が減少し、底生動物の生息に好適環境となることが示唆された。

覆砂を行うことによって、底泥の酸素消費速度を抑えることが明らかになった。このことから覆砂を行うことにより貧酸素水塊の発生を抑え、生物に対して好適な生息環境条件を提供することが期待できる。

底生動物の個体数が増加するとともに種の多様性が増え、それら底生動物を餌量として、高価格魚のクルマエビ、カレイ類が増加する。

豊前海の水深8mでの覆砂は泥線周辺(水深2m)に比べ、底質の改善でやや劣るものの、底泥の酸素消費速度を抑える点で優れており、泥線周辺と同様に水深8mでも改善が期待できる。

今回は覆砂後4年経過した覆砂効果を評価したが、改善効果をとらえるには、さらに長期的な観点での評価が必要であろう。

要

約

文

献

豊前海浅海域での覆砂による底質改善について検討を行った。

- 1) 底質環境（硫化物濃度, 強熱減量および有機炭素）の測定値は覆砂区で低い値を示した。
- 2) 夏季の底層の溶存酸素濃度は, 覆砂区で高い値を示しており, 特に7月は対照区の約2倍の値を示した。
- 3) 覆砂を行うことによって, 底泥による酸素消費速度を73%に, 窒素溶出速度を67%に抑えられることがわかった。
- 4) 覆砂区と対照区の底生動物の個体数, 種類数および多様性の比較から, 底生動物の生息環境は改善されていることがわかった。
- 5) えび建網と小型底びき網で試験操業した結果, 覆砂区で, 高価格魚のクルマエビ、カレイ類が増加していることがわかった。
- 6) 豊前海の水深8mでの覆砂は泥線周辺（水深2m）の覆砂に比べ, 底質の改善の割合でやや劣るものの, 底泥の酸素消費速度を抑える点で優れていることがわかった。

- 1) 江藤拓也・佐藤博之・神菌真人：夏季の周防灘の底質環境とマクロベントスの分布, 福岡県水産海洋技術センター研究報告, 第8号, 107-112(1998)。
- 2) 磯部篤彦・神菌真人・俵悟：周防灘南西部海域における貧酸素水塊, 沿岸海洋研究ノート, 31, 109-119 (1993)。
- 3) 神菌真人・江藤拓也・上妻智行：覆砂による豊前海の底質改善効果, 福岡県水産海洋技術センター研究報告, 第2号, 129-134(1994)。
- 4) 日本水産資源保護協会編：水質汚濁調査指針, 237-256(1980)。
- 5) 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, 福岡県水技研報, 第1号, 211-215 (1993)。
- 6) 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)。