

覆 砂 効 果 の 調 査 結 果 と 評 価 （ 案 ）

- 1 . 覆 砂 の 効 果 と 評 価 方 法
- 2 . 覆 砂 効 果 の 調 査 結 果
- 3 . 覆 砂 効 果 の 評 価 （ 案 ）

平 成 1 6 年 2 月

1. 覆砂の効果と評価方法

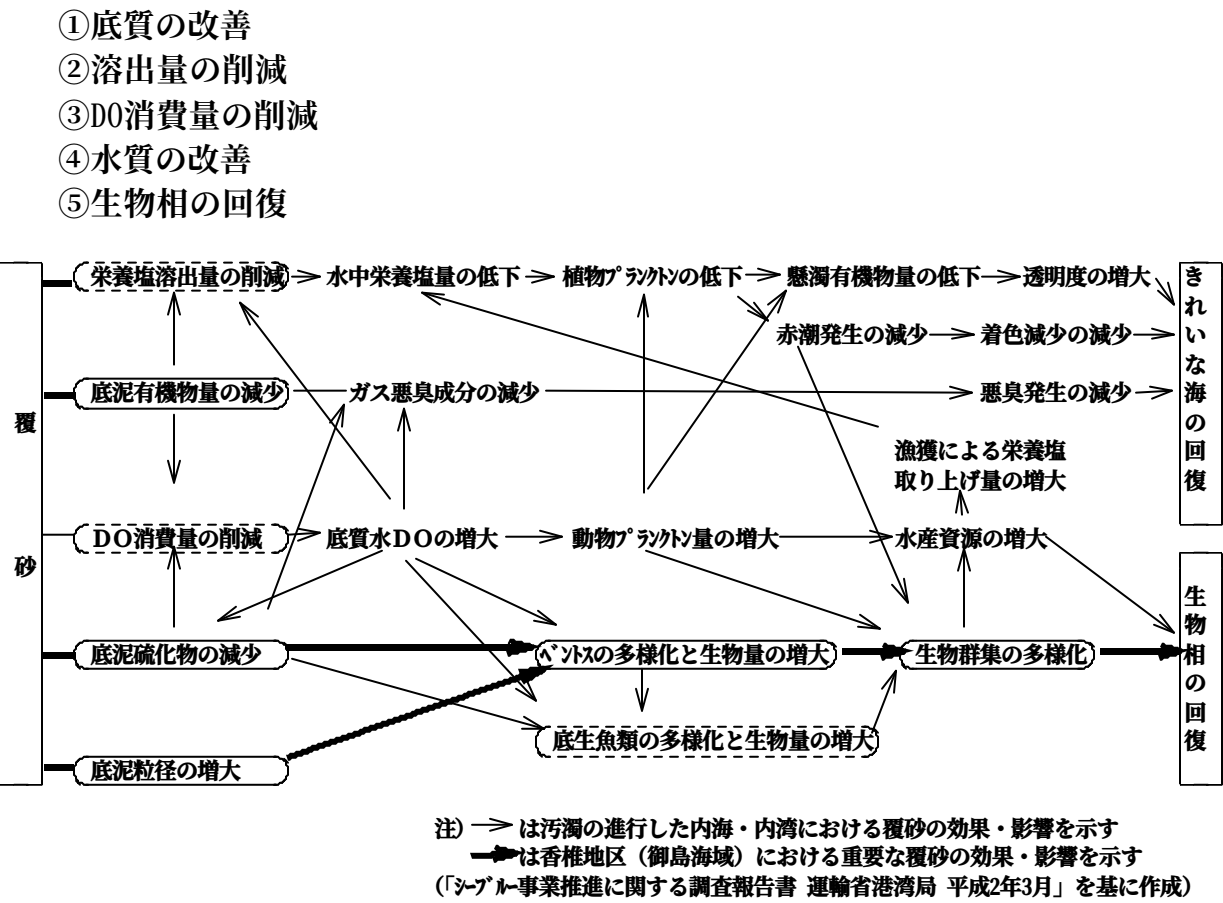
(1) 覆砂の目的

香椎地区シーブルー事業は、「博多湾域シーブルー計画（香椎地区エリア）」における海域整備の基本テーマ「海の底に棲む生き物にやさしい環境づくり」をもとに香椎地区シーブルー事業の整備方針を定めており、その技術手法として香椎地区において効果のある覆砂を選定し施工している。

香椎地区シーブルー事業 における整備方針	生物の棲みやすい環境の創造 （「水・底質の改善」、「生物生息環境の創造」）
-------------------------	--

(2) 覆砂の環境改善効果と評価項目の選定

覆砂による環境改善効果としては、国におけるパイロット事業より以下のような効果が認められており、覆砂の効果・影響範囲の概念フローを図－1に示す。



図－1 覆砂の効果・影響範囲の概念フロー

香椎地区の覆砂事業効果としては、基本設計時の評価項目や御島水域の環境特性を考慮し、概念フローに枠で囲み示した項目が重要と考えられる。

なお、覆砂にはこのような環境の直接的な改善効果のほかに、親水空間の形成として人々の生活や水産資源に対する波及効果なども期待される。

香椎地区（御島海域）の水域利用は、海と触れ親しめる親水空間としてエココスト事業による環境配慮型護岸や養浜等による海岸整備を進めており、汚泥を封じ込める覆砂とともに水域流況の改善による作れいを行うことにより、水底質の改善、生物相の回復が図られ、自然学習の場など親水空間としての利用も大きいと期待される。

(3) 覆砂効果の評価方法

「覆砂の効果・影響範囲の概念フロー」に示した内容は、覆砂の効果の評価する際の指標項目となり、さらに覆砂効果がどの段階まで達成されているかを判断する項目となる。

表－1には香椎地区覆砂事業における効果・影響項目を○、△で示し、項目別の判断基準あるいは望ましい方向を設定した。

表－1 覆砂の効果・影響の評価項目及び基準（案）

【評価項目】		【評価基準】
効果・影響		判断基準、望ましい方向
底質の改善	○ 底泥有機物量(COD)の減少	水産用水基準（COD 20mg/g乾泥以下）
	○ 底泥硫化物量の減少	水産用水基準（硫化物 0.2mg/g乾泥以下）
	○ 底泥粒径の増大	砂礫分（粒径0.075mm以上）50%以上維持
	△ 栄養塩溶出量の削減	底泥からの窒素、リン溶出量低下
	△ DO消費量の削減	底泥のDO消費量低下
生物相の回復	○ 底生生物の多様化と量の増大	種数、個体数、湿重量の増大
	△ 底生魚類の多様化と量の増大	種数、個体数の増大
	※ 水産資源の増大	底生生物食性魚介類・魚食性魚類の組成増大
	※ 漁獲による栄養塩取り上げ量の増大	漁獲量の増大
	※ 生物群集の多様化	生態系の上位に位置する鳥類等の増加
水質の改善	※ 水中栄養塩類の低下	水中の全窒素、全リン濃度の低下
	※ 植物プランクトン量の低下	水中の有機物量(COD)として減少
	※ 懸濁有機物量の低下	水中の有機物量(COD)として減少
	※ 透明度の増大	透明度が増大する
	※ 底層のDO増大	夏季底層水DOが増大
	※ 赤潮発生の減少	赤潮の発生可能性（頻度、規模）が小さくなる
	※ 着色現象の減少	プランクトン、水中有機物による着色が少なくなる
	※ 動物プランクトン量の増大	動物プランクトン量の増大
	／ ガス・悪臭成分の減少	ガス・悪臭成分量の発生量が減少する
	／ 悪臭発生の減少	悪臭発生が減少する

○印は、香椎地区の事業計画で評価対象とした項目
△印は、効果が期待され、追加調査を実施した項目
※印は、効果が期待されるが、総合的な見地から判断が必要と考えられる項目
／印は、香椎地区覆砂で考慮しなくてよいと考えられる項目

2. 覆砂効果の調査結果

(1) 調査概要

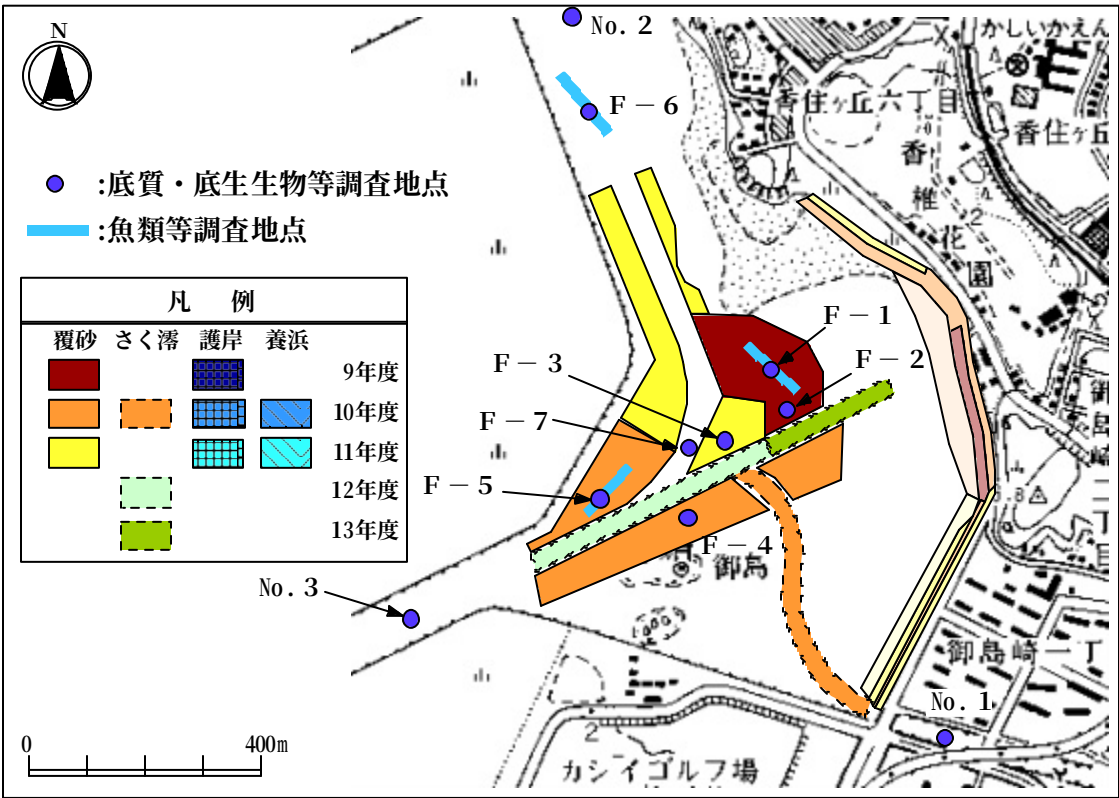
①調査項目

表－2 覆砂効果・影響把握のための調査項目

効果・影響			調査項目	
底 質	○	底泥有機物量(COD)の減少	COD	強熱減量 含水比
	○	底泥硫化物量の減少	硫化物	
	○	底泥粒径の増大	粒度組成	
	△	栄養塩溶出量の削減	COD溶出速度	浮泥（新生堆積物） 厚さ
			T-N溶出速度	
			T-P溶出速度	
生 物	△	DO消費量の削減	DO消費速度	クロロフィルa, フェオ色素 炭素・窒素同位体組成
	○	底生生物の多様化と量の増大	底生生物（種数, 個体数, 湿重量）	
	△	底生魚類の多様化と量の増大	底生魚類（種数, 個体数, 湿重量）	

○印は、香椎地区の事業計画で評価対象とした項目
△印は、効果・影響が期待され、追加調査を実施した項目

②調査地点



図－3 調査地点位置

③調査時期

表－3 調査時期別、調査地点別の調査概要

調査年月日		平成9年度				平成10年度				平成11年度				平成12年度				平成13年度				平成14年度				平成15年度			
項目		10月	1月	3月	5月	8月	11月	1月	5月	8月	11月	1月	5月	8月	11月	1月	5月	8月	11月	1月	5月	8月	11月	1月	5月	8月	11月	1月	
底質	(COD,硫化物,強熱減量,粒度組成,含水比)	○	○			○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	硫化物詳細調査																									○	○	○	
底生生物	種数,個体数,湿重量	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
底質フラックス	厚さ	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	クロロフィルa	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	フェオ色素	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	溶出速度	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	酸素消費速度	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
魚類	底生魚類調査																									○	○		
調査地点	F-1		○			○			○				○					○				○				○			
	F-2		○			○			○				○					○				○				○	※2	○	
	F-3		○			○			○				○					○				○				○	※3	○	
	F-4								○				○					○				○				○	※2	○	
	F-5								○				○					○				○				○		○	
	F-6								○				○					○				○				○		○	
	F-7								○				○					○	※1							○	※2	○	

覆砂未施工区 ※：炭素 窒素同位体組成調査含む
※1：酸素消費速度除く ※2 硫化物詳細調査・魚類除く ※3：魚類除く

<詳細調査>

○底質フラックス

栄養塩溶出量の詳細調査(H13)

・覆砂区の栄養塩溶出速度が未施工区に比べ大きいため、底生生物の有無で溶出速度の確認試験を実施した。

酸素消費速度の詳細調査

・生物影響(H13)
・浮泥影響(H14)
・覆砂区の DO 消費量が未施工区に比べ大きいため、底生生物や新生堆積物の有無による酸素消費速度試験を実施した。

浮泥（新生堆積物）の詳細調査

・クロロフィルa・フェオ色素(H9～H13)
・炭素・窒素同位体組成(H14)
・新生堆積物の量と質の変化により供給源の把握を行ったが、特定には至らず、流入河川、水域境界を調査地点に加えて、炭素・窒素同位体組成比による新生堆積物供給源調査を実施した。

○底質（硫化物）

硫化物濃度の詳細調査 (H15)

・近年、硫化物濃度が上昇傾向であるため、と底生生物との関係を調べるため、鉛直方向における硫化物濃度（AVS）と生物分布の確認調査を実施した。

○底生魚類

底生魚類調査(H15)

・底生生物を餌とする魚類（底生魚類）への波及効果調査を実施した。

(2) 調査方法

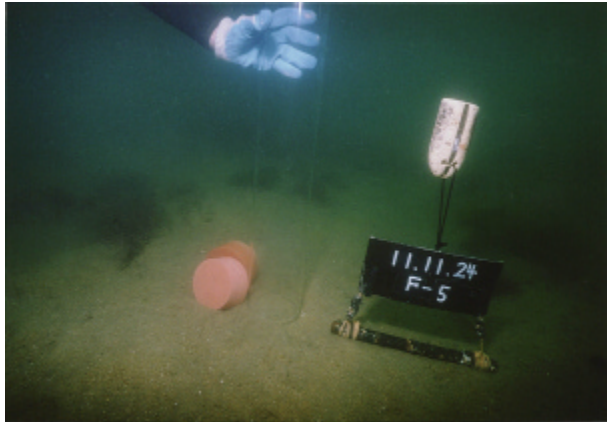
<底質・底質フラックス>

1) 試料の採取方法

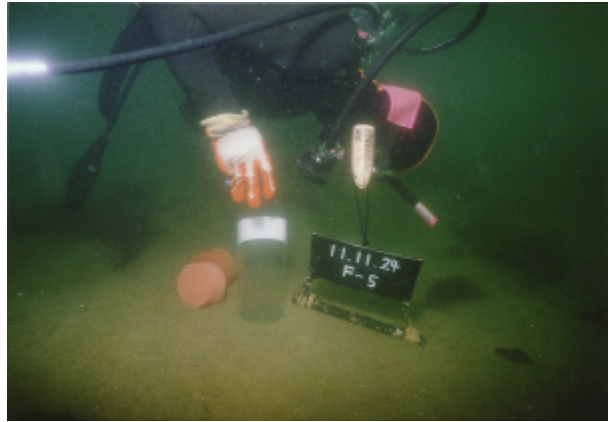
試料の採取は、潜水土がアクリルパイプ(長さ:100cm,内径:10cm)を用いて柱状採泥を行った。

採取手順

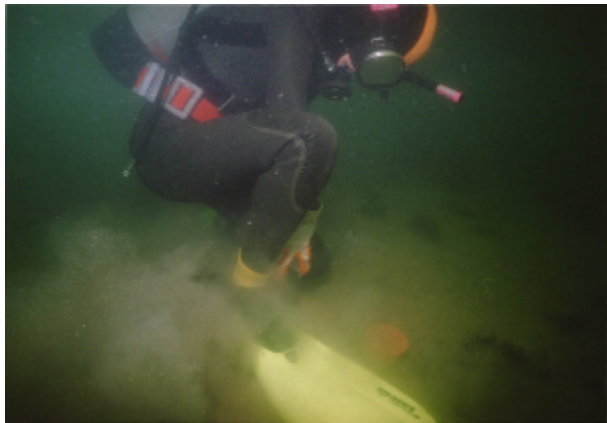
①調査地点の選定



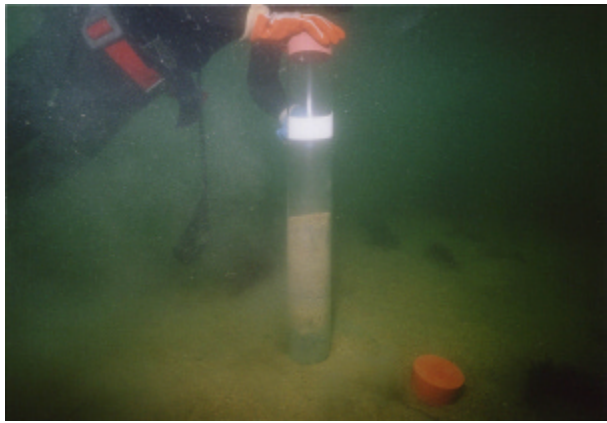
②アクリルパイプの挿入



③底泥の引き抜き



④アクリルパイプの密閉



⑤試料採取完了後の調査地点



2) 分析方法

①底質調査【COD,硫化物,強熱減量,粒度組成,含水比】

試料の採泥は、アクリルパイプ(内径10cm,長さ100cm,採泥深度約30cm)を用いて潜水により、柱状に採取した(1地点当たり3箇所)。

各項目(COD,硫化物,強熱減量,粒度組成,含水比)の分析方法は、下記に示すとおりである。なお、試料は、柱状採泥した底泥の表面から深さ15cmまでの底質を使用し、3箇所の底質を等量混合した後、分析を行った。

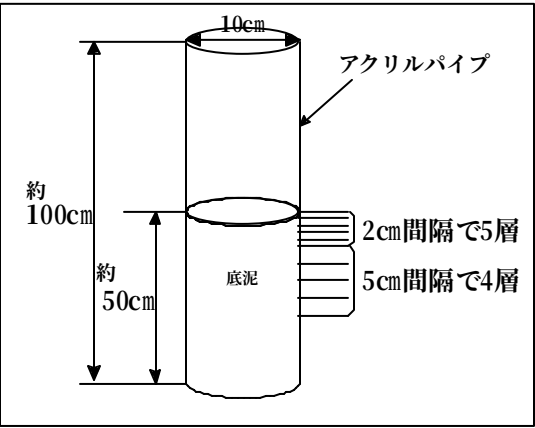
分析項目	分析方法	採泥深度	実施年度
COD	底質調査方法(S63.環水管第127号)Ⅱ	約30cm	H9年度 H15年度
硫化物	底質調査方法(S63.環水管第127号)Ⅱ	約30cm	
強熱減量	底質調査方法(S63.環水管第127号)Ⅱ	約30cm	
粒度組成	JIS A1204	約30cm	
含水比	JIS A1203	約30cm	

②硫化物鉛直分布詳細調査【硫化物(AVS),酸化還元電位(ORP),底生生物】

試料は、アクリルパイプ(内径10cm,長さ100cm,採泥深度約50cm)を用いて潜水により、柱状に採取した(1地点当たり1箇所)。

採取した試料は、底泥表面から深度約30cmまでの間を9層に切り分け分析試料とした(表面から深さ10cmまでは2cm間隔で5層に、深さ10cmから30cmまでは5cm間隔で4層に、計9層切り分けた)。分析は各層の試料について底質(硫化物〔AVS〕,ORP,含水比)および底生生物(種数,個体数,湿重量)の分析を行った。底質の分析方法、試料分取の方法を下記に示す。

分析項目	分析方法	採泥深度	実施年度
硫化物(AVS)	検知管方法	約50cm	H15年度
酸化還元電位(ORP)	白金電極法	約50cm	
底生生物	各層の試料を目合い1mmのふるいでふるい分けし、ふるい内に残った生物を10%ホルマリンで固定した。分析は顕鏡による種の同定、個体数の計数および湿重量の測定を行った。	約50cm	

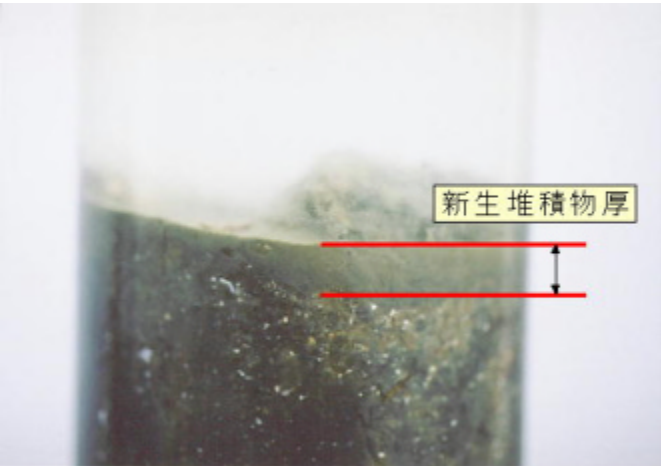


③新生堆積物【厚さ、クロロフィルa、フェオ色素、炭素窒素同位体組成】

試料は、アクリルパイプ(内径10cm、長さ50cm、採泥深度約30cm)を用いて潜水により、柱状に採取した（1地点当たり3箇所）。

採取した試料は、目視観察(色や粒子形状)により新生堆積物の厚さを測定し、3箇所の新生堆積物（底泥の表面から深さ1cmまで）を混合した後、クロロフィルa、フェオ色素、炭素窒素同位体組成（炭素(¹²C,¹³C)・窒素(¹⁴N,¹⁵N)同位体重量の定量）の分析を行った。

分析方法は下表のとおりである。



分析項目	分析方法	採泥深度	実施年度
厚さ	目視観察	約30cm	H9～15年度
クロロフィルa	海洋観測指針	約30cm	H9～13年度
フェオ色素	海洋観測指針	約30cm	
炭素窒素同位体組成	質量分析法	約30cm	H15年度

④溶出速度試験【COD、T-N（全窒素）、T-P（全りん）】

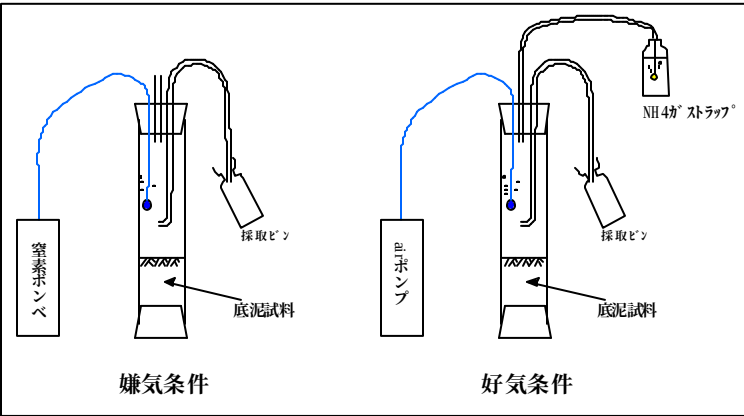
試料は、潜水により柱状採泥（コア内径10cm、長さ100cm、採泥深度約50cm）を行い、採取した（1地点あたり2箇所）。

採取した試料は、静置し、好気、嫌気条件下で直上水中の溶出濃度（試験開始直後、1日目、3日目、5日目）を測定した。13年度は、底泥試料中の底生生物を除いたケースについても測定を行った。

（13年度）

採取した試料は、各地点で1mm目のふるいを用いて底泥から底生生物を除去したもの（以下、「ふるい処理」）、これら前処理を実施していないもの（以下、「前処理なし」）の2ケースを準備した。1地点あたり2ケースの試料を夏季は嫌気条件下、冬季は好気条件下に置き、それぞれ試験開始直後、1日目、3日目、5日目にCOD、T-N（全窒素）、T-P（全りん）の直上水中濃度を測定した。分析方法、試験方法の概要を下記に示す。

分析項目		分析方法		ケース設定	
COD _{Mn}		JIS K0102		(H9～12年度) ：好気条件－前処理なし ：嫌気条件－〃	
T-N		JIS K0102			
T-P		JIS K0102			
試験条件				(H13年度) ：好気条件－前処理なし ：好気条件－ふるい処理 ：嫌気条件－前処理なし ：嫌気条件－ふるい処理	
好気条件		airポンプによる曝気			
嫌気条件		窒素ガスによる曝気			
底泥試料ケース			採泥深度		
前処理なし		現地条件の再現の為、コアによる柱状採泥したもの。	約50cm		
ふるい処理		底生生物を1mm目ふるいにより、取り除いたもの (調製方法) コア内の底泥表面から16cmまでを「0～2cm」、「2～4cm」、「4～8cm」、「8～16cm」に切り分け、1mmふるいで底生生物を除去した後、再び層順に装填したもの。	約50cm		



溶出速度試験模式図

⑤酸素消費速度試験

試料は、潜水により柱状採泥（コア内径10cm、長さ100cm、採泥深度約50cm）を行い採取した。

試料は、静置し、直上水の溶存酸素量を測定（試験開始直後、1日目、3日目、5日目）した。測定時に試料（海水）採取した分量を溶存酸素量既知の海水（現地で採水し、曝気処理したもの）で補充した。

試験は、コア内に底泥と海水を装填密閉し、経過期間におけるコア内海水の溶存酸素量を定量することでコア内の酸素量変化を確認した。また、このコア内の酸素量変化は底泥が酸素を消費したものとして酸素消費速度を求めた。

13年度は、底泥試料中の底生生物を除いたケースについて測定を行った。14年度は、底泥試料中の底生生物、及び新生堆積物を除いたケースについても測定を行った。

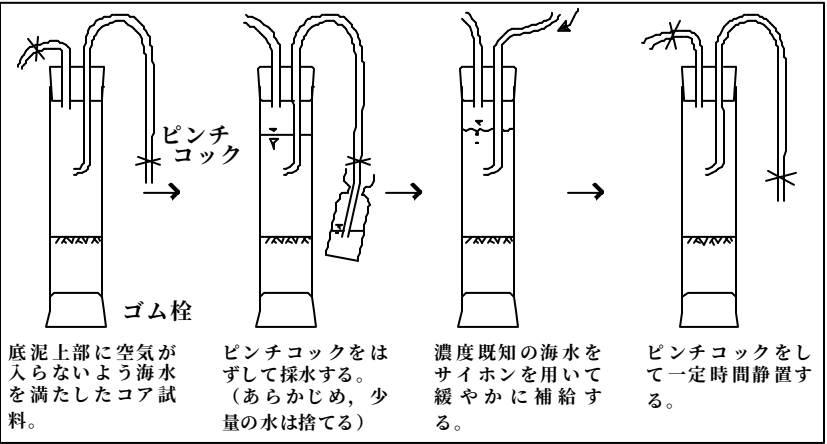
（平成13年度）

試料は、溶出速度試験と同様に、各地点で「ふるい処理」と「前処理なし」の2ケースを準備した。これらの試料は、処理後に静置し、直上水の溶存酸素量を測定した（試験開始直後、1日目、3日目、5日目）。

（平成14年度）

試料は調製して「前処理なし」、「底生生物除去」、「底生生物＋新生堆積物除去」の3ケースを準備した。試験期間はこれまでと同様の開始直後、1日目、3日目、5日目の他、詳細間隔の1,2,3,6,12時間目について設定した。分析方法、試験方法の概要は下記に示す。

分析項目	分析方法	採泥深度	ケース設定
溶存酸素量	JIS K0102	約50cm	H9～12年度 ・前処理なし－1,3,5日目 H13年度 ・前処理なし－1,3,5日目 ・ふるい処理－1,3,5日目 H14年度 ・前処理なし－1,2,3,6,12時間目 ・ふるい処理－1,2,3,6,12時間目 ・新生堆積物(1cm)除去後ふるい処理－1,2,3,6,12時間目



酸素消費速度試験模式図

＜底生生物等＞

1）試料の採取及び分析方法

①底生生物(H9～15年度)

試料の採取はスミス・マッキンタイヤ型採泥器(採泥面積:1/20㎡,深度:約15cm)を用い、調査船上から1地点あたり3回の採泥を行った。

採取した試料は、目合い1mmの袋型ネットでふるい分けを行い、ネット内に残った生物を10%ホルマリンで固定し、種の同定、個体数の計数および湿重量の測定を行った。

採取手順

①スミス・マッキンタイヤ型採泥器投入



②袋型ネットによるふるい分け



③ふるい分け完了



②魚類等(H15年度)

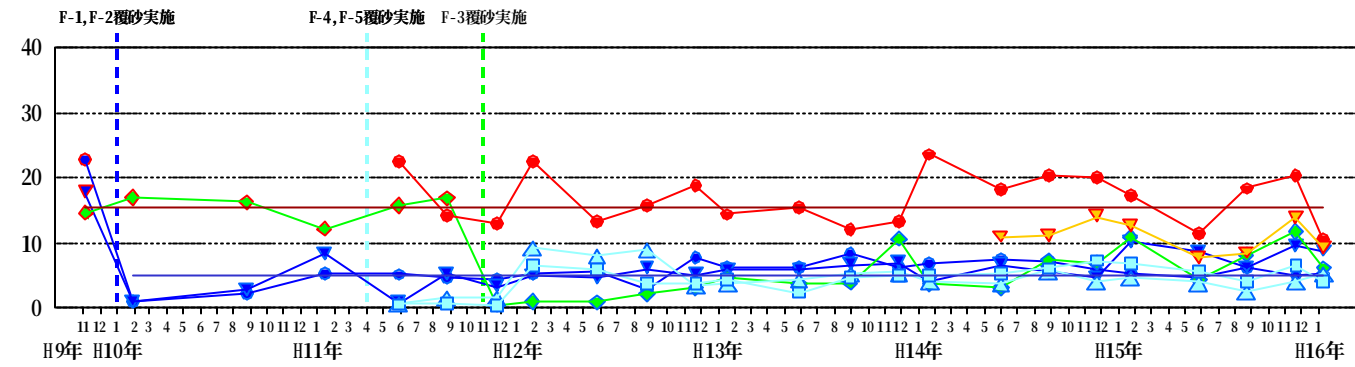
全長100mの刺し網(カレイ網〔長さ50m,高さ180cm,目合い70mm〕とエビ網〔長さ50m,高さ90cm,目合い40mm〕をつなげたもの)を一昼夜設置し、網に捕獲された魚類等の種類、個体数、湿重量の測定を行った。

(3) 調査結果

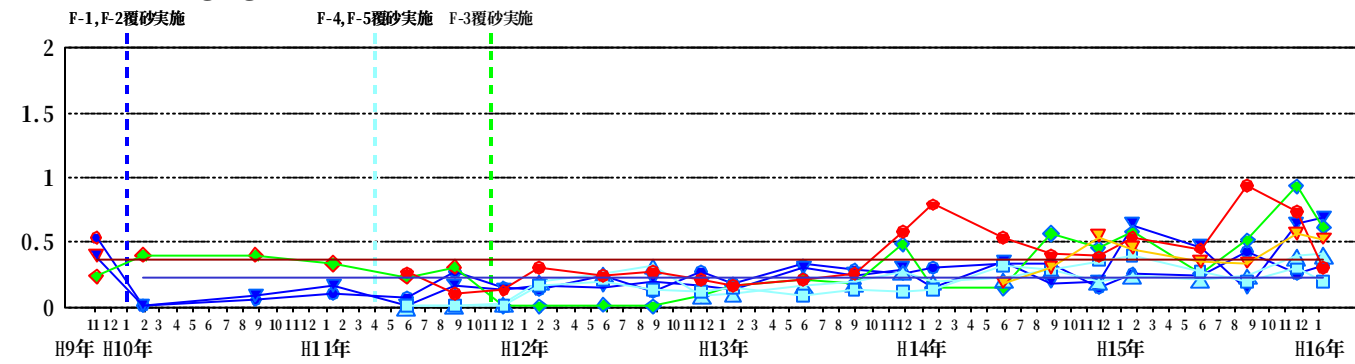
1) 底質

①底質＜COD、硫化物、強熱減量、粒度組成、含水比＞

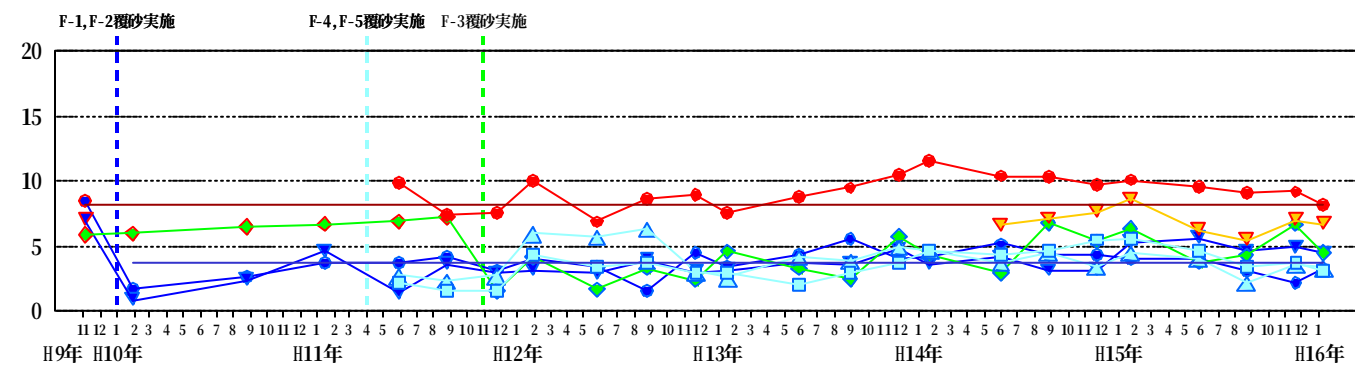
COD(mg/g)



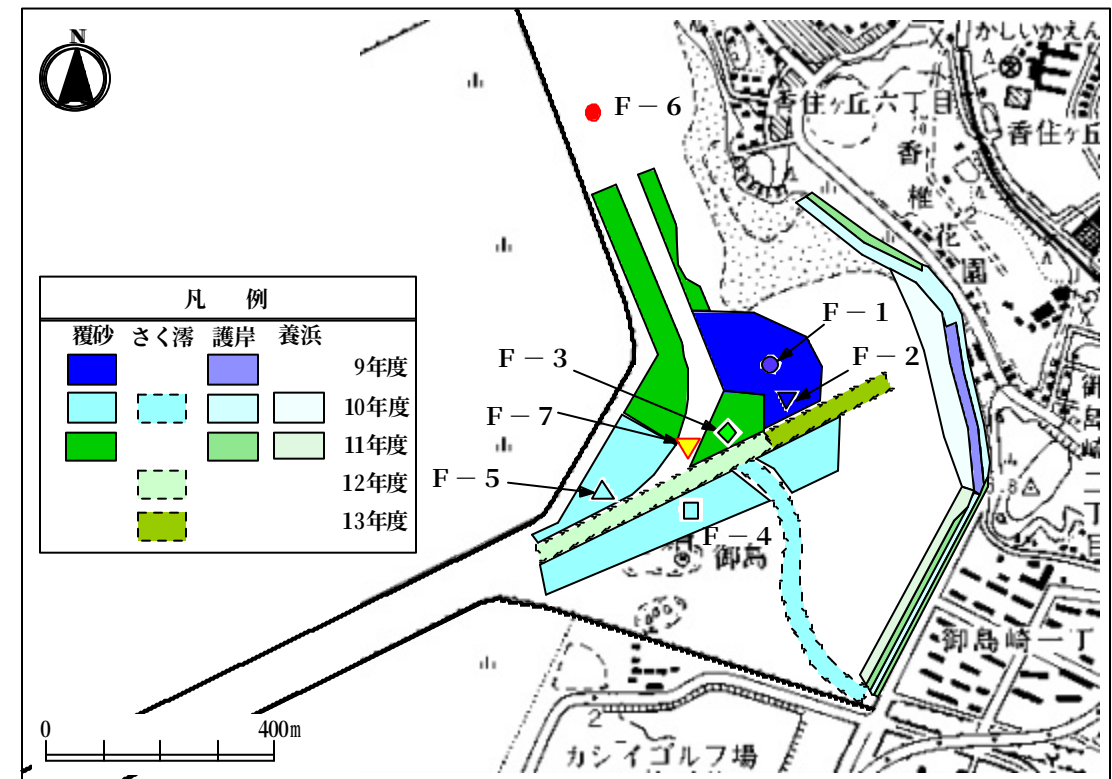
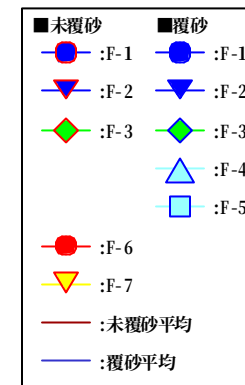
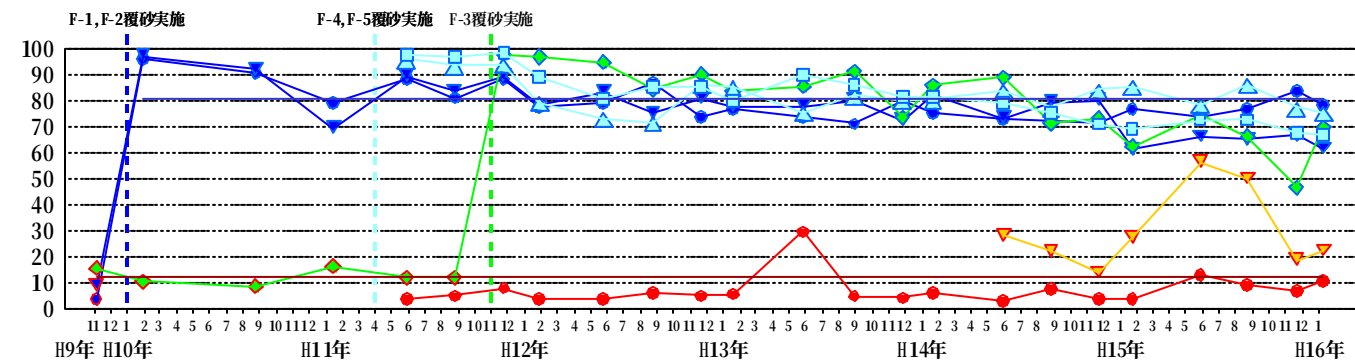
硫化物(mg/g)



強熱減量(%)

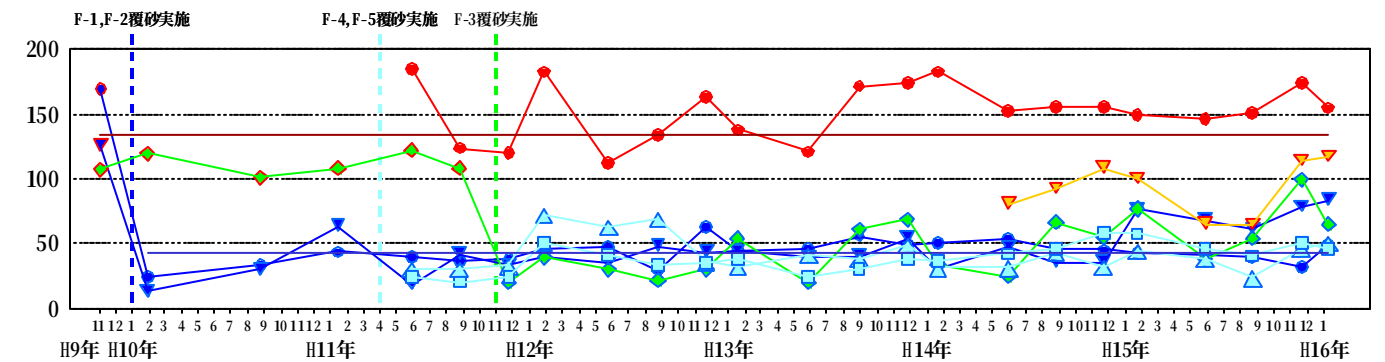


粒度組成（礫砂分）(%)



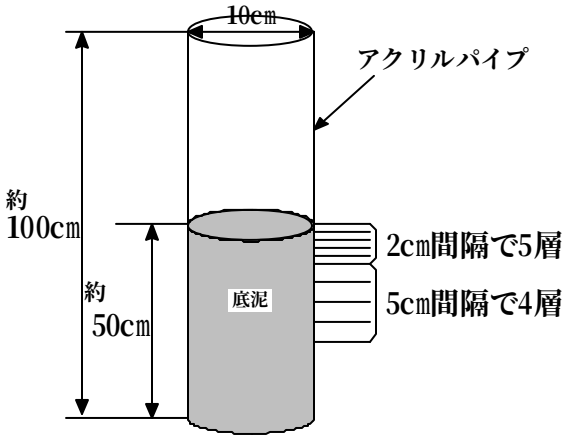
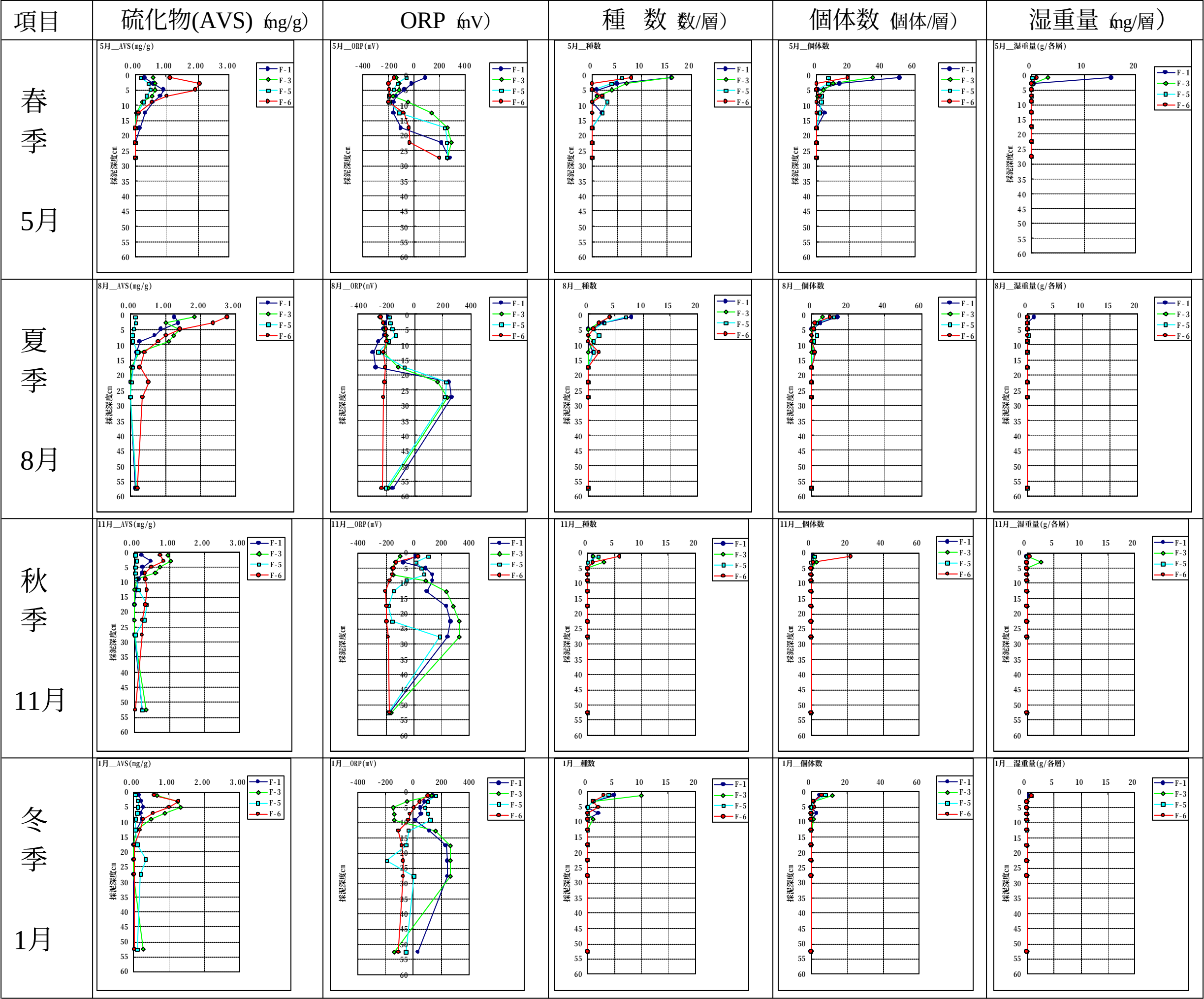
底質調査地点位置図

含水比(%)

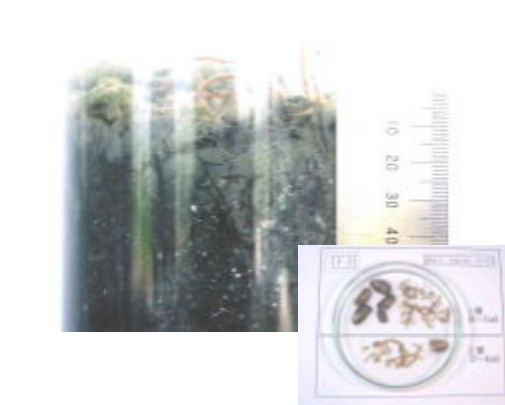
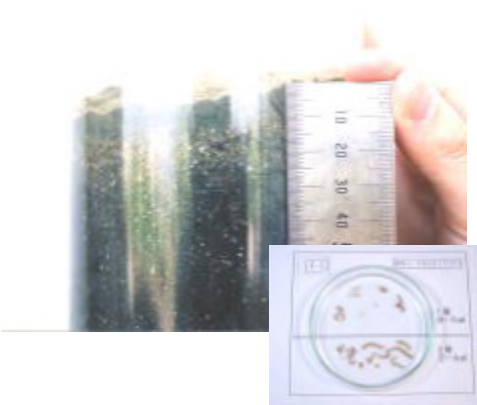
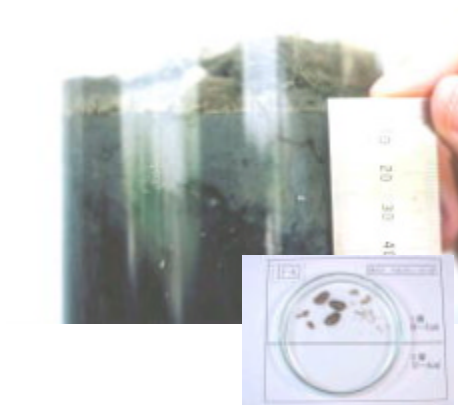
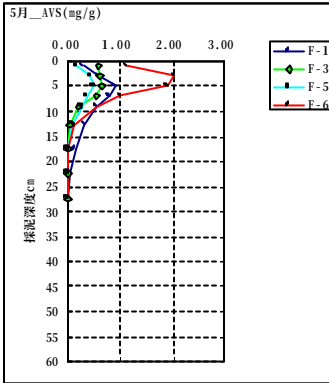
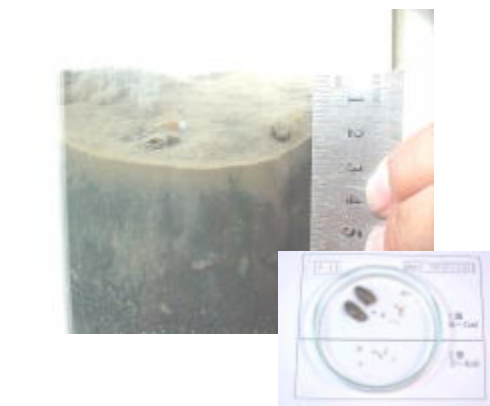
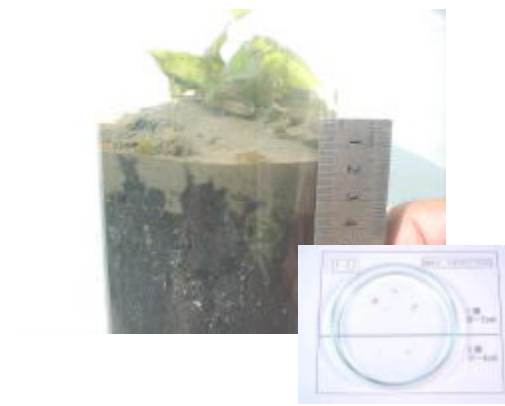
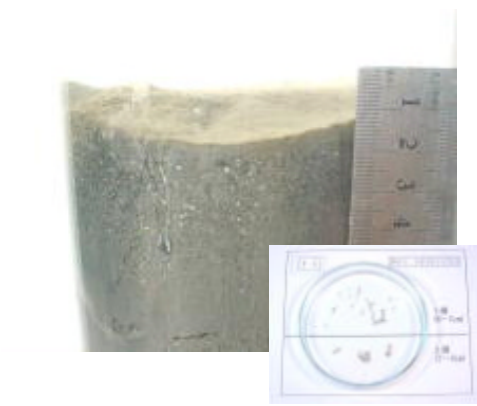
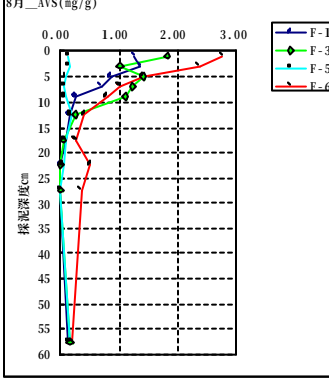
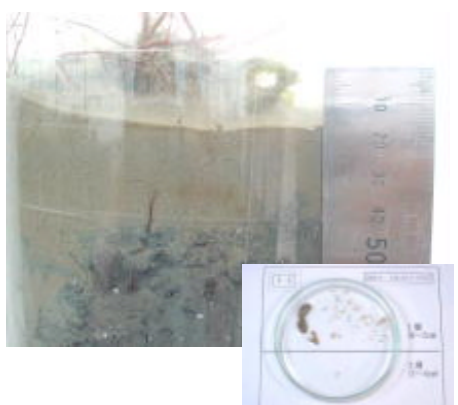
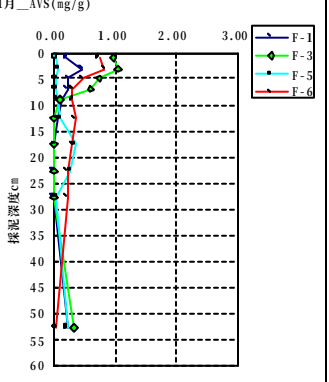
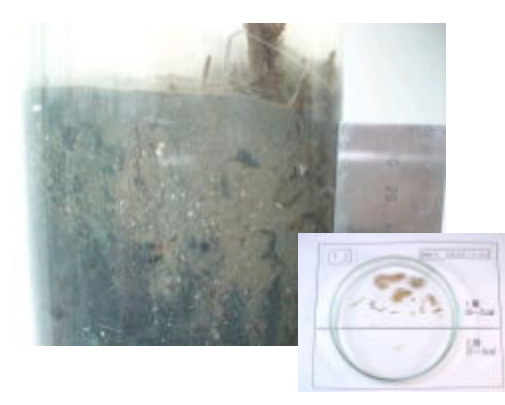
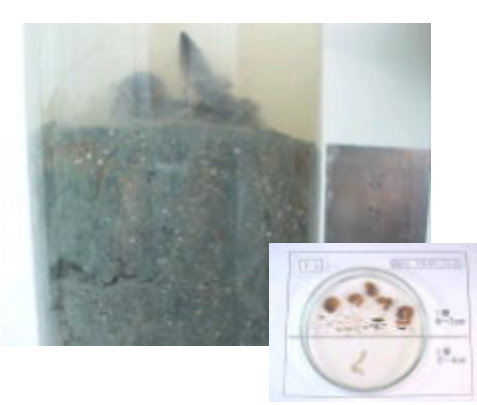
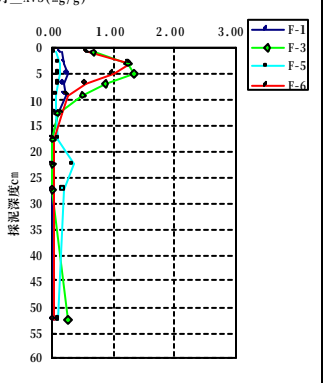


②硫化物詳細調査

コア内の底質と底生生物の鉛直分布

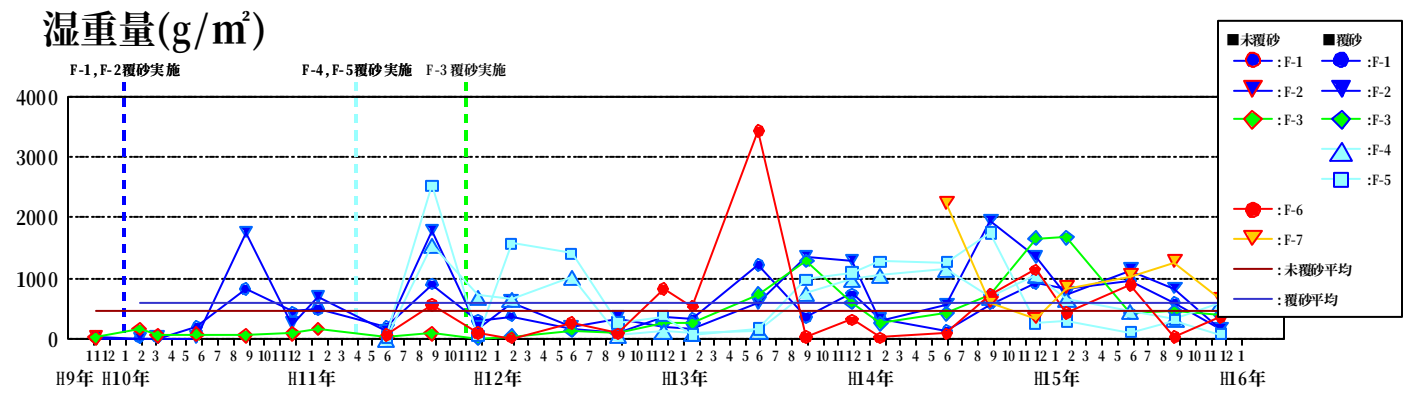
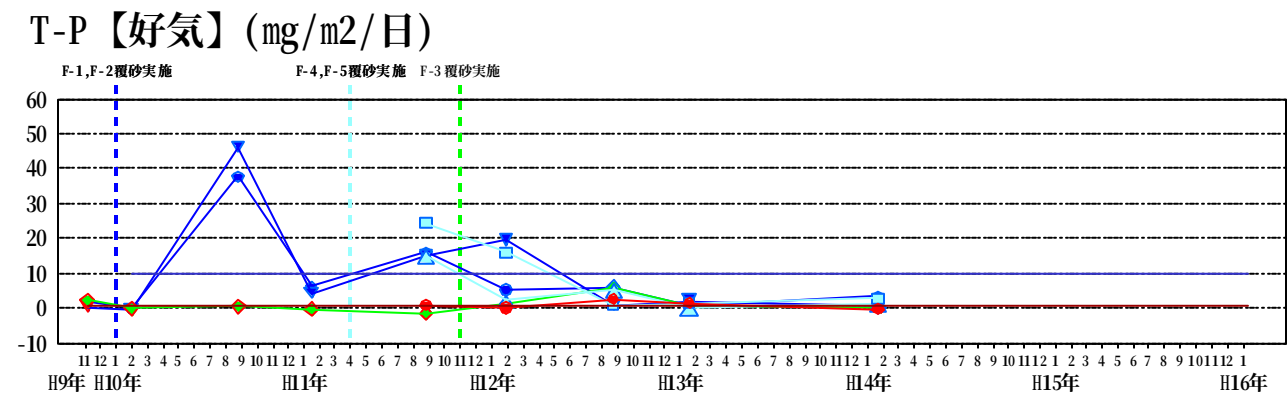
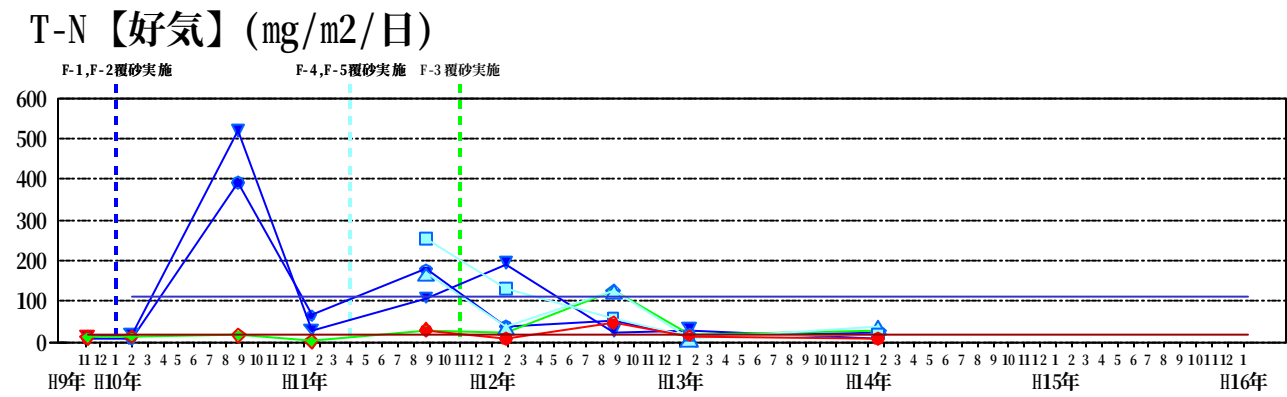
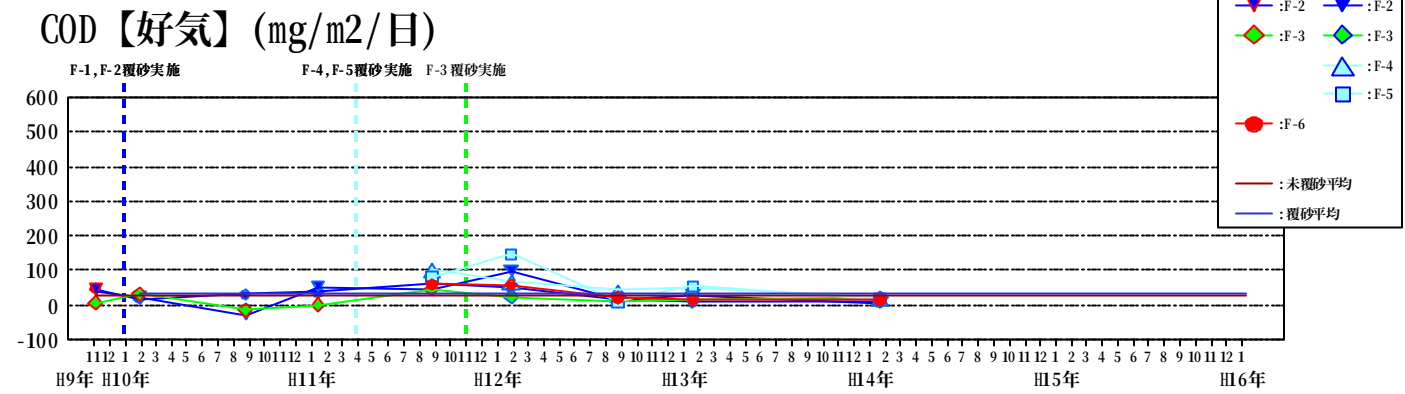


コア表面の底質と底生生物の状況

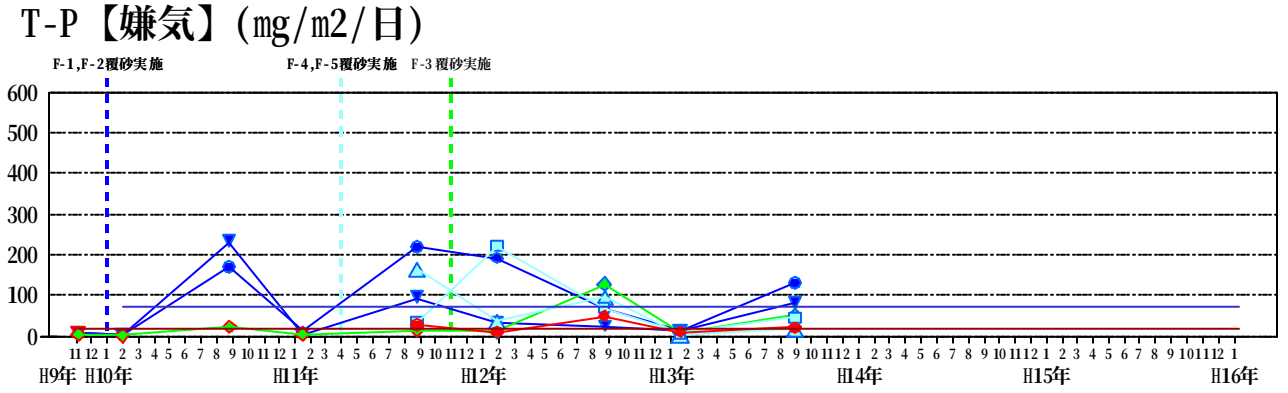
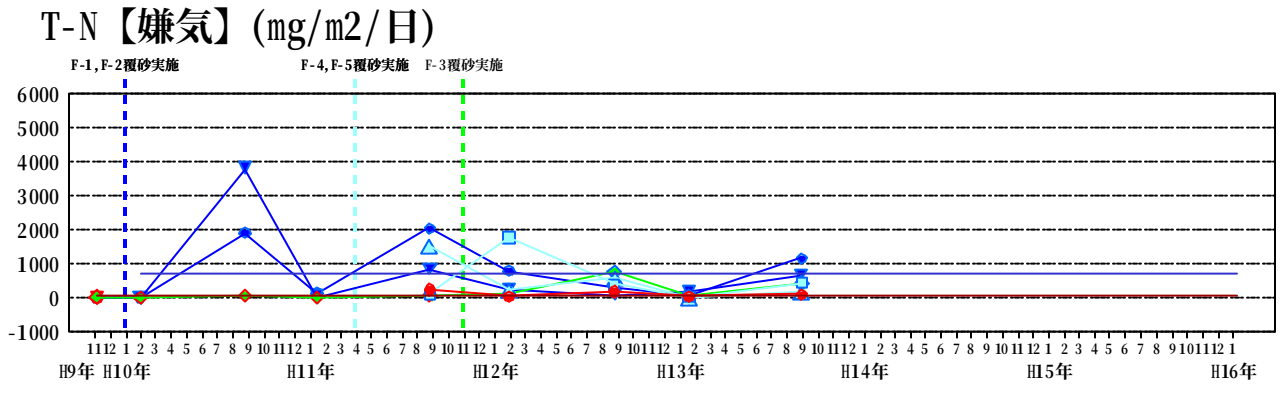
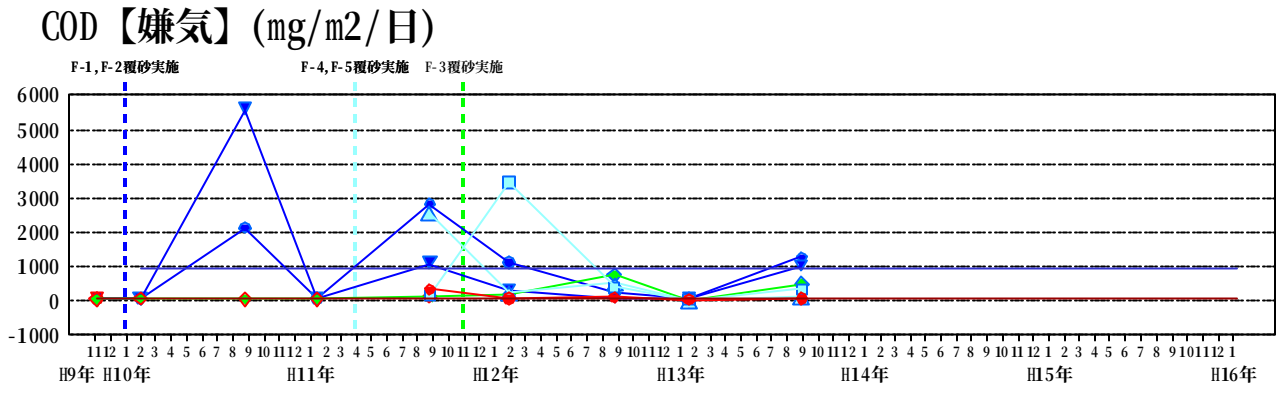
項 目	F-1 <平成 9 年度覆砂>	F-3 <平成 11 年度覆砂>	F-5 <平成 10 年度覆砂>	F-6 <未覆砂>	硫化物鉛直分布
春季 5 月					
夏季 8 月					
秋季 11 月					
冬季 1 月					

③栄養塩の溶出速度(溶出試験)
・COD, T-N, T-Pの経時変化図

【好気条件】

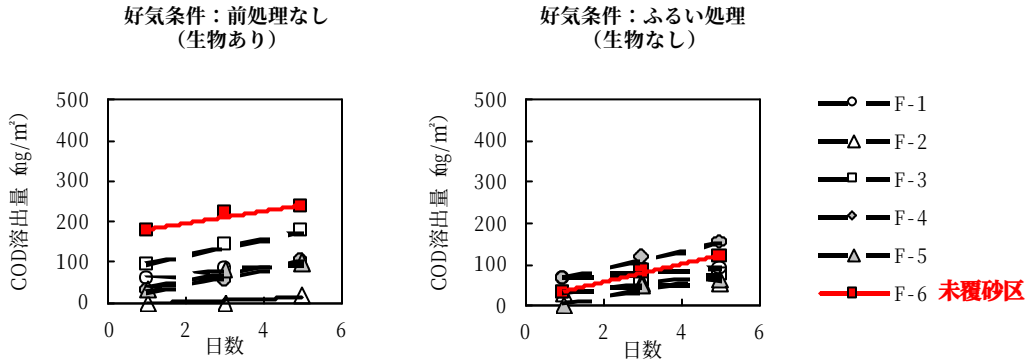


【嫌気条件】

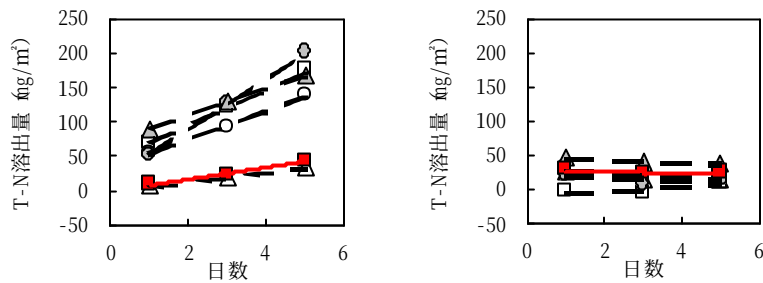


・底生生物の有無による溶出状況（好気条件）（H14年1月調査）

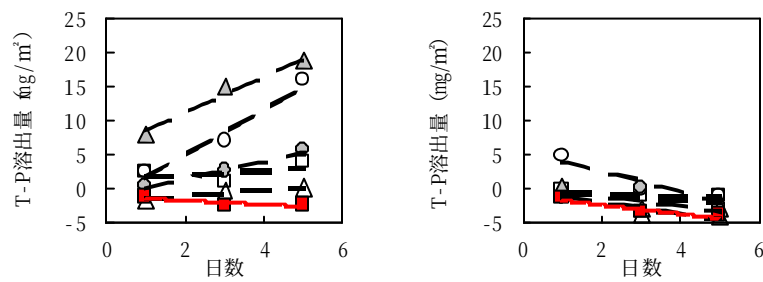
COD



T-N



T-P



好気条件

COD

地点	COD溶出速度 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{日}$				底生生物 湿重量 g/m^2
	①前処理なし (生物あり)	②ふるい処理 (生物なし)	③差 (①-②) 生物あり-なし	生物寄与分 (③/①)	
F-1	9.8	6.3	3.5	36 %	323
F-2	4.3	6.3	-2.0	-47 %	302
F-3	20.5	11.0	9.5	46 %	254
F-4	18.3	21.8	-3.5	-19 %	1,065
F-5	17.0	16.5	0.5	3 %	1,276
F-6	15.0	21.5	-6.5	-43 %	15

T-N

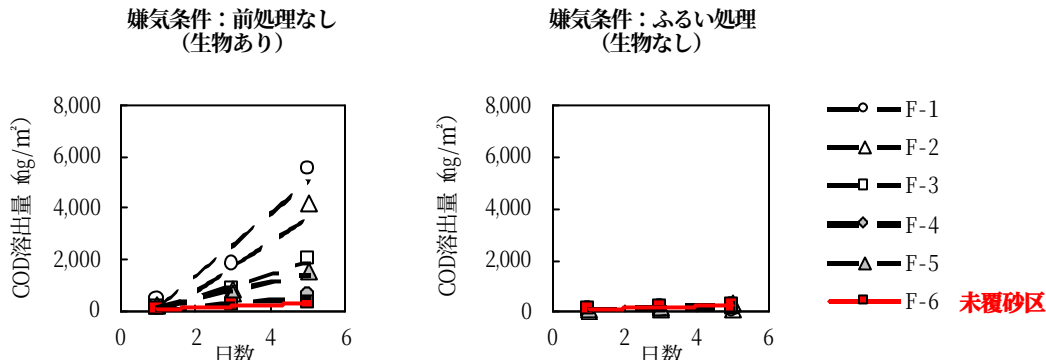
地点	T-N溶出速度 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{日}$				底生生物 湿重量 g/m^2
	①前処理なし (生物あり)	②ふるい処理 (生物なし)	③差 (①-②) 生物あり-なし	生物寄与分 (③/①)	
F-1	21.3	-4.0	25.3	119 %	323
F-2	7.2	-3.0	10.2	141 %	302
F-3	26.7	3.5	23.3	87 %	254
F-4	37.6	-2.4	40.0	106 %	1,065
F-5	19.8	-2.3	22.1	111 %	1,276
F-6	8.4	-0.8	9.2	110 %	15

T-P

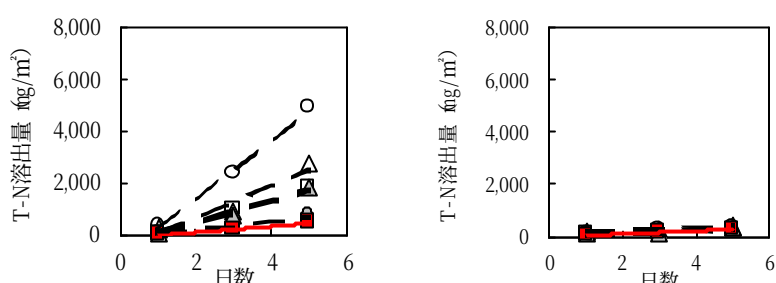
地点	T-P溶出速度 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{日}$				底生生物 湿重量 g/m^2
	①前処理なし (生物あり)	②ふるい処理 (生物なし)	③差 (①-②) 生物あり-なし	生物寄与分 (③/①)	
F-1	3.38	-1.50	4.88	144 %	323
F-2	0.45	-0.85	1.30	289 %	302
F-3	0.35	-0.20	0.55	157 %	254
F-4	1.33	-0.33	1.65	125 %	1,065
F-5	2.70	-0.75	3.45	128 %	1,276
F-6	-0.30	-0.65	0.35	-117 %	15

・底生生物の有無による溶出状況（嫌気条件）（H13年8月調査）

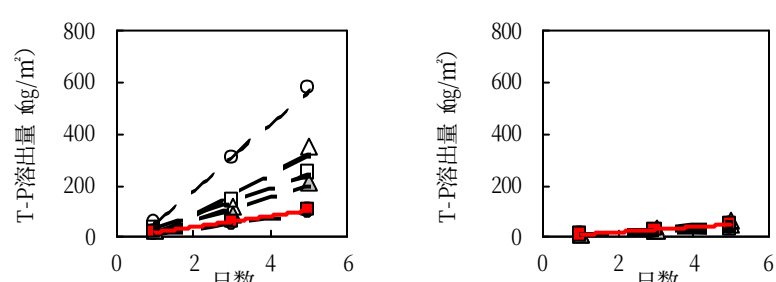
COD



T-N



T-P



嫌気条件

COD

地点	COD溶出速度 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{日}$				底生生物 湿重量 g/m^2
	①前処理なし (生物あり)	②ふるい処理 (生物なし)	③差 (①-②) 生物あり-なし	生物寄与分 (③/①)	
F-1	1268	9	1258	99 %	361
F-2	999	23	977	98 %	1,356
F-3	478	19	459	96 %	1,268
F-4	129	38	91	71 %	756
F-5	329	53	276	84 %	973
F-6	59	28	30	52 %	22

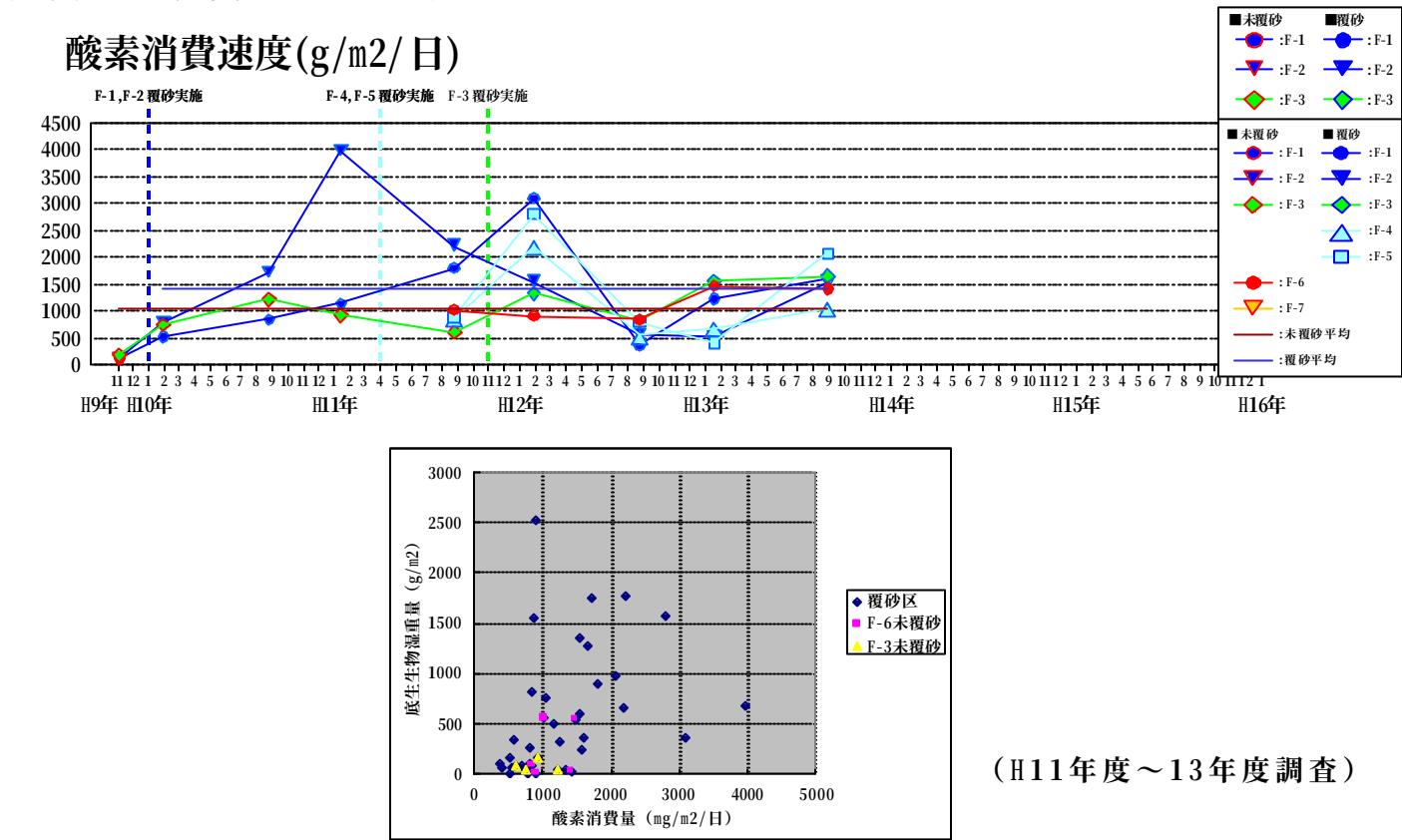
T-N

地点	T-N溶出速度 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{日}$				底生生物 湿重量 g/m^2
	①前処理なし (生物あり)	②ふるい処理 (生物なし)	③差 (①-②) 生物あり-なし	生物寄与分 (③/①)	
F-1	1151	68	1083	94 %	361
F-2	634	50	584	92 %	1,356
F-3	430	39	391	91 %	1,268
F-4	164	63	101	62 %	756
F-5	436	70	366	84 %	973
F-6	114	50	63	56 %	22

T-P

地点	T-P溶出速度 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{日}$				底生生物 湿重量 g/m^2
	①前処理なし (生物あり)	②ふるい処理 (生物なし)	③差 (①-②) 生物あり-なし	生物寄与分 (③/①)	
F-1	131.1	8.1	123.0	94 %	361
F-2	80.6	10.8	69.8	87 %	1,356
F-3	53.7	4.2	49.5	92 %	1,268
F-4	20.9	10.5	10.4	50 %	756
F-5	46.3	13.3	33.0	71 %	973
F-6	21.9	10.3	11.6	53 %	22

④底質のD0消費量（酸素消費速度量）



・酸素消費速度量の詳細調査（3ケース）（H14年度調査）

（夏季）

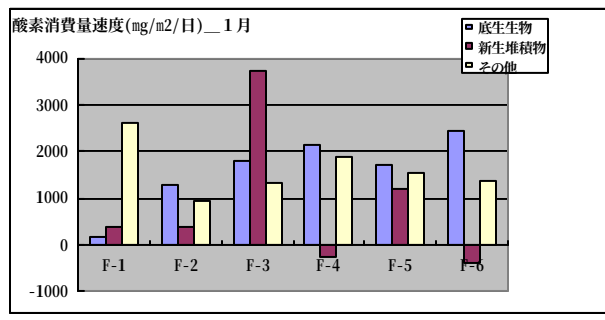
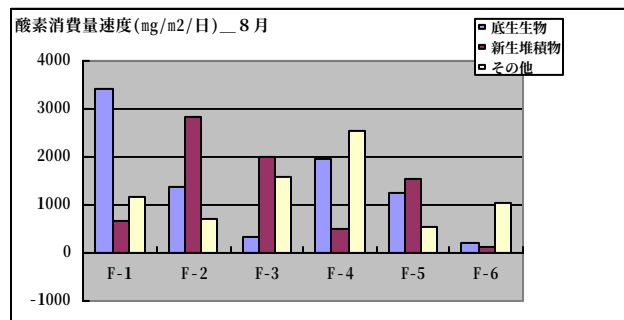
8月	酸素消費量速度(mg/m2/日)			
地点	処理なし	底生生物除去	新生堆積物・底生生物除去	底生生物湿重量(g/m2)
F-1	5198	1804	1150	568
F-2	4855	3487	681	1941
F-3	3844	3537	1546	723
F-4	4935	2994	2514	700
F-5	3275	2059	530	1752
F-6	1340	1150	1022	739
平均	3908	2505	1241	1071

（冬季）

1月	酸素消費量速度(mg/m2/日)			
地点	処理なし	底生生物除去	新生堆積物・底生生物除去	底生生物湿重量(g/m2)
F-1	3160	2978	2617	806
F-2	2626	1326	938	739
F-3	6800	5020	1309	1674
F-4	3744	1614	1887	655
F-5	4423	2724	1528	298
F-6	3387	961	1347	428
平均	4023	2437	1604	767

8月	酸素消費量速度(mg/m2/日)			底生生物湿重量(g/m2)
地点	底生生物	新生堆積物	その他	
F-1	3394	654	1150	568
F-2	1368	2806	681	1941
F-3	307	1991	1546	723
F-4	1941	480	2514	700
F-5	1216	1529	530	1752
F-6	190	128	1022	739
平均	1403	1265	1241	1071

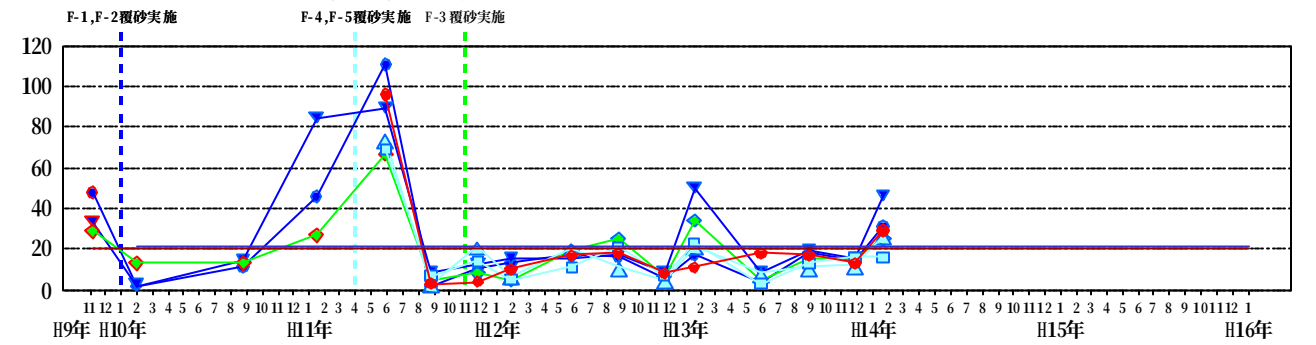
1月	酸素消費量速度(mg/m2/日)			底生生物湿重量(g/m2)
地点	底生生物	新生堆積物	その他	
F-1	182	361	2617	806
F-2	1300	388	938	739
F-3	1780	3711	1309	1674
F-4	2130	-273	1887	655
F-5	1699	1196	1528	298
F-6	2426	-386	1347	428
平均	1586	833	1604	767



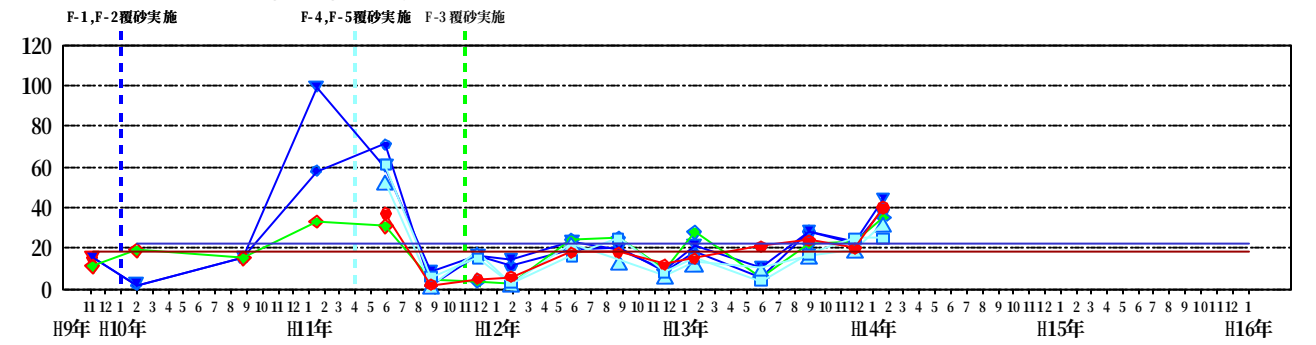
底質フラックス（新生堆積物）

・新生堆積物の状況(クロフィルa, フェオ色素, 新生堆積物厚, 炭素・窒素同位体組成比)

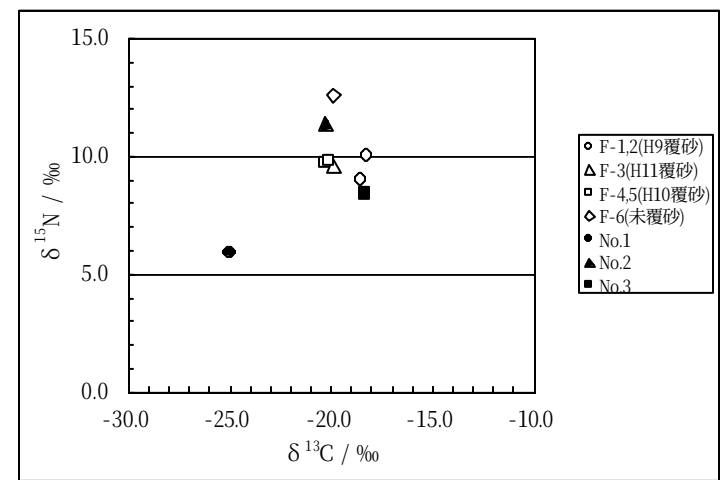
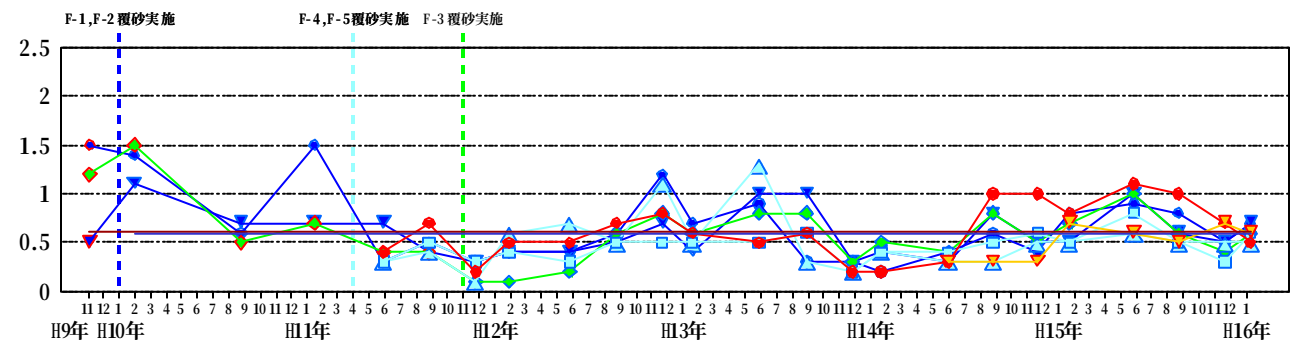
クロロフィルa(mg/kg・dry)



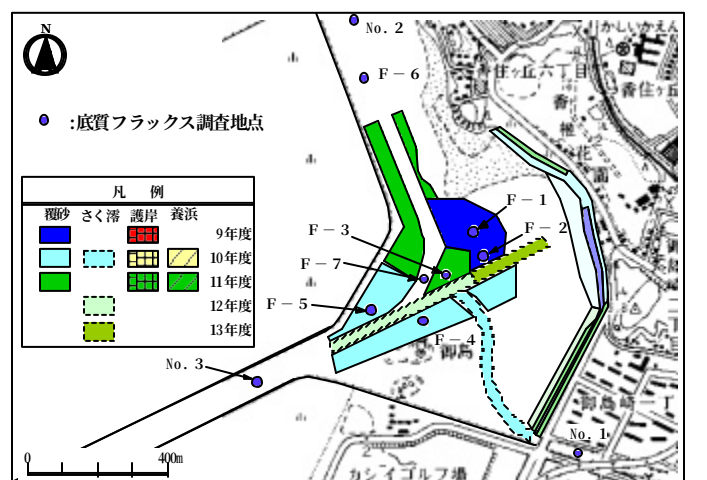
フェオ色素(mg/kg・dry)



新生堆積物厚(cm)



炭素・窒素同位体組成比

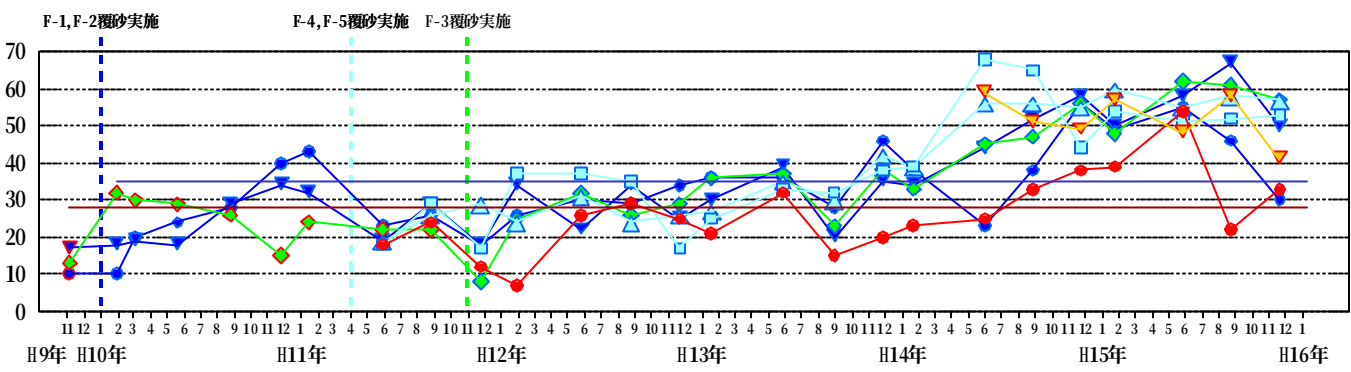


調査地点図

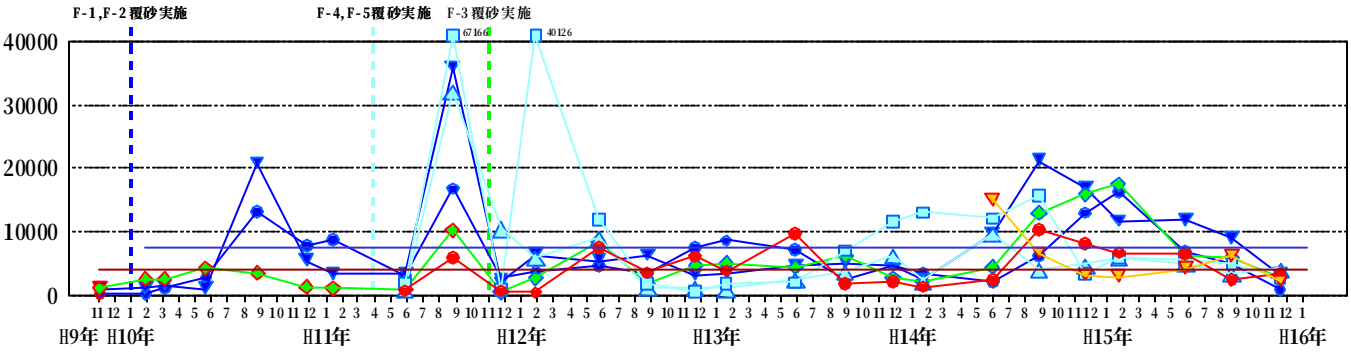
2) 底生生物

①底生生物<種数、個体数、湿重量>

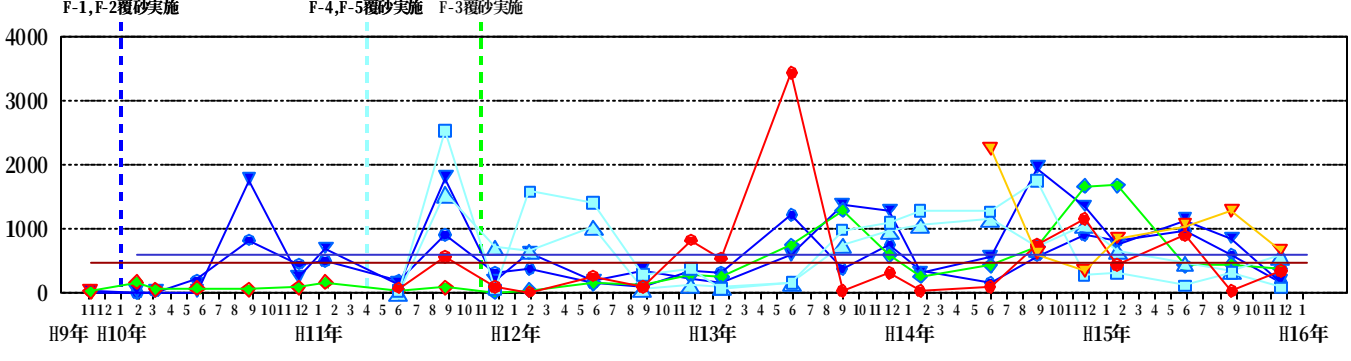
種数(種)



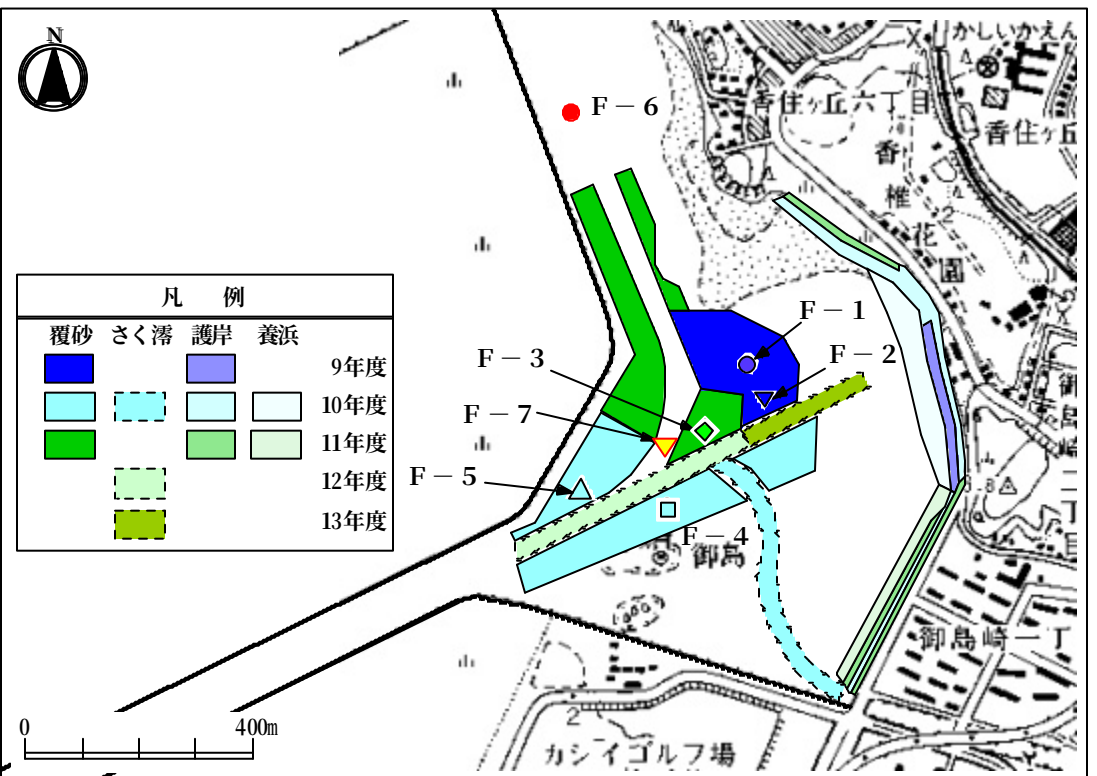
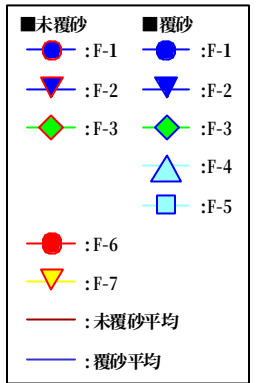
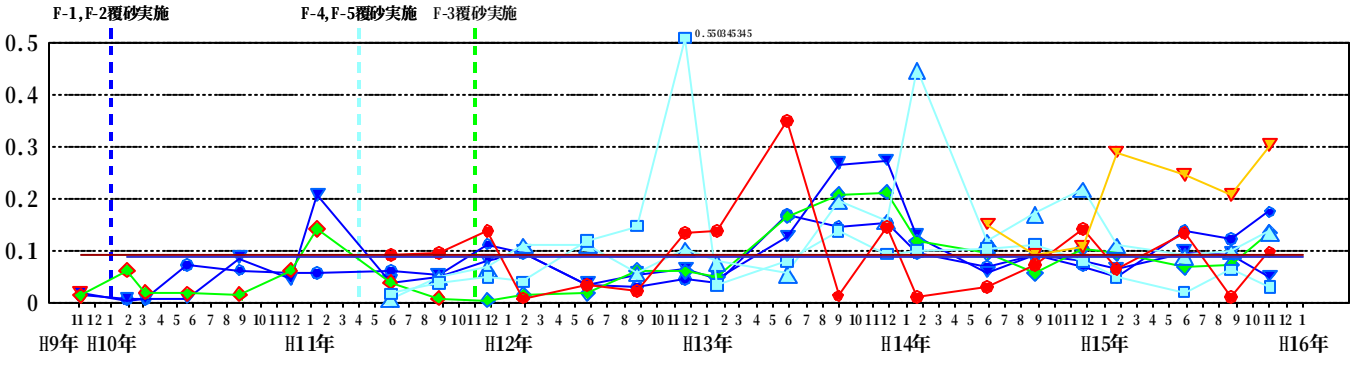
個体数(個体/m²)



湿重量(g/m²)

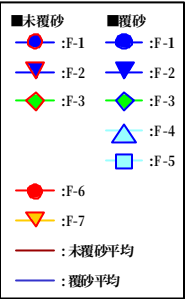


湿重量/個体数(g/数)

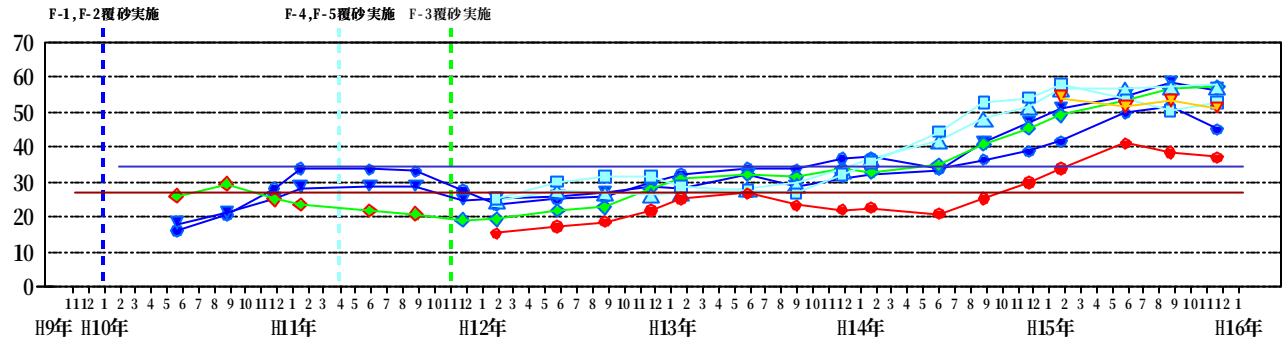


底生生物調査地点位置図

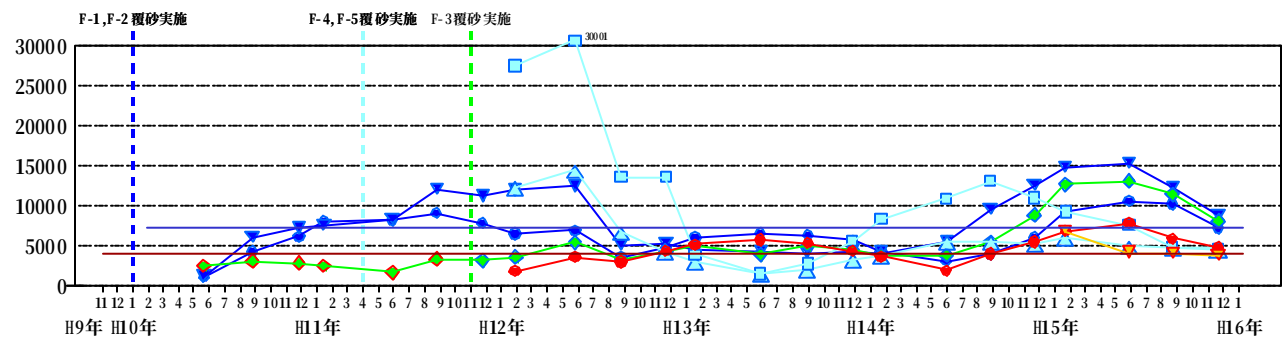
底生生物(四季移動平均)



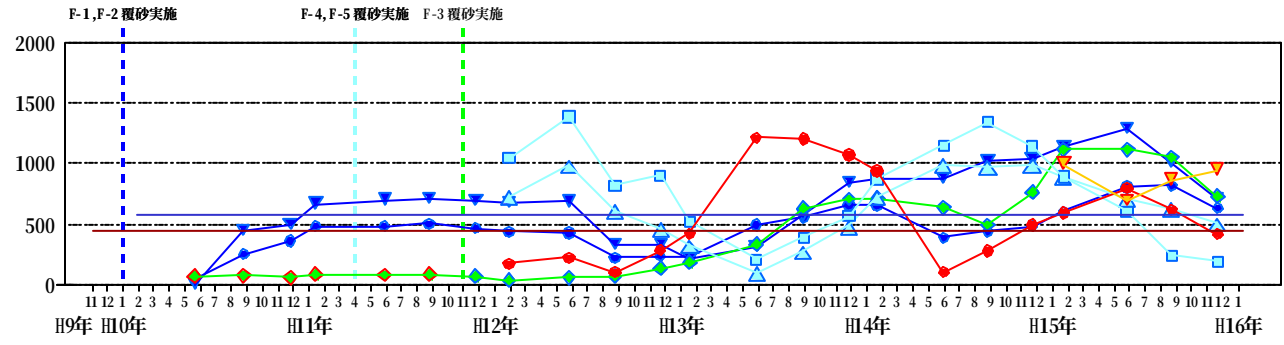
種数【移動平均】(種)



個体数【移動平均】(個体/m²)

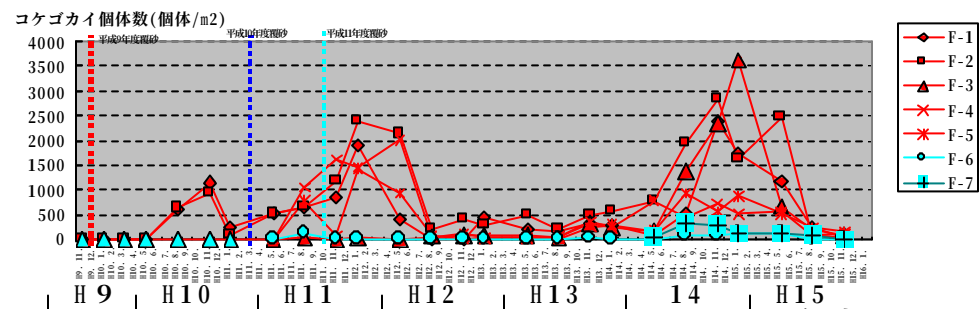


湿重量【移動平均】(g/m²)

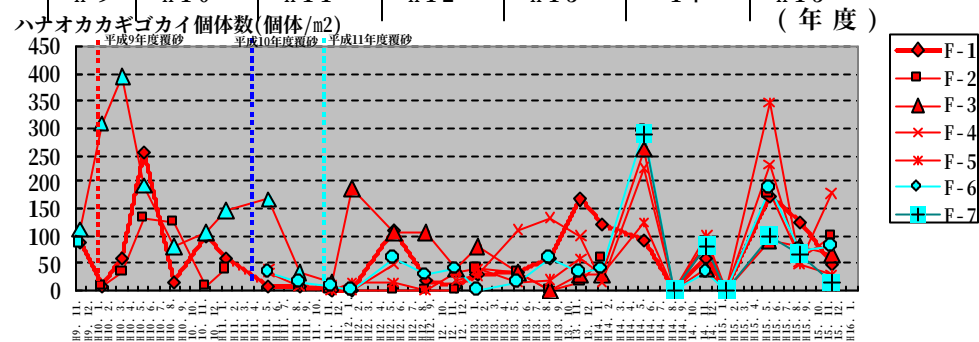


・代表的な種の経時変化（個体数）

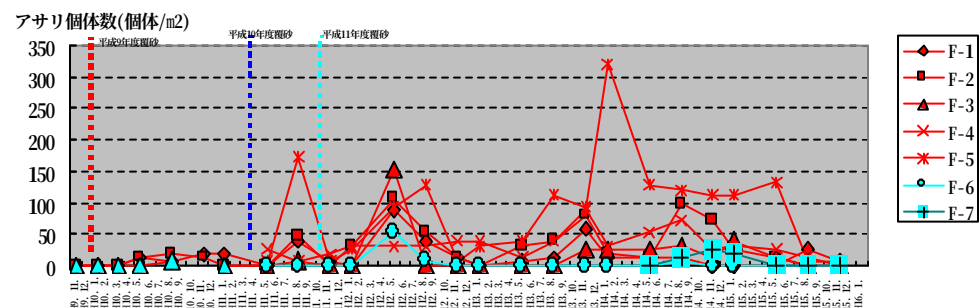
コケゴカイ
砂質を好む大型種のゴカイ
(肉食・堆積物食者)



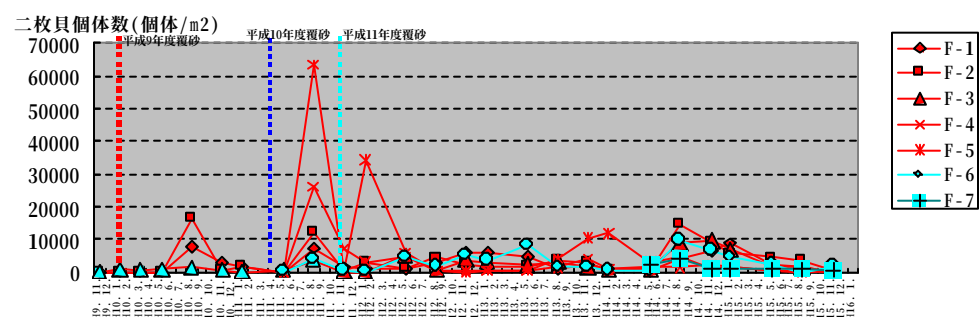
ハナオカカギゴカイ
小型種のゴカイ
(表在性堆積物食者)



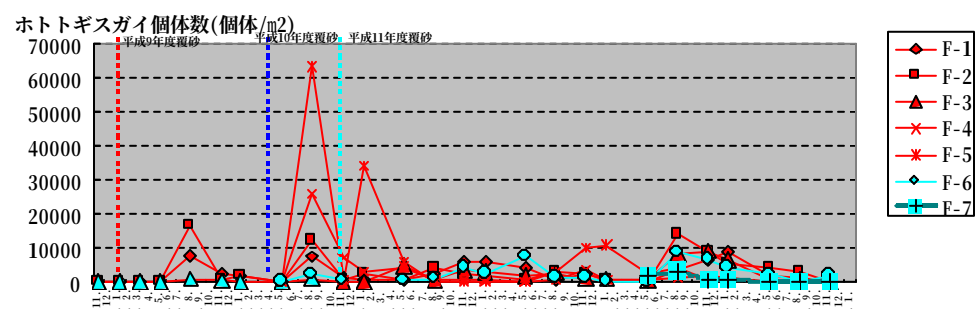
アサリ
二枚貝
(懸濁物食者)



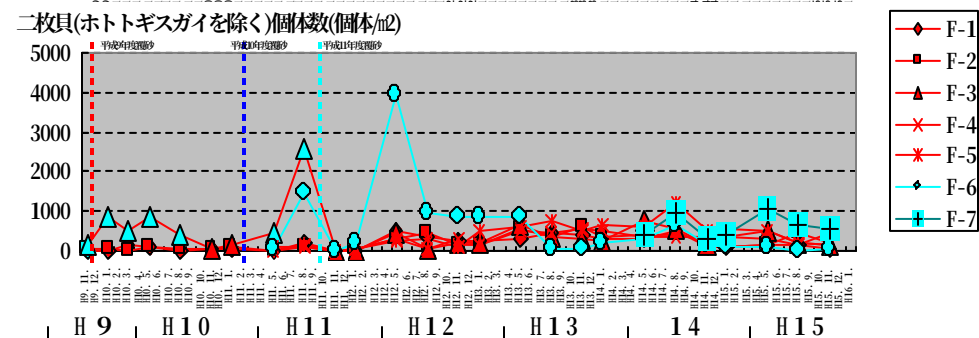
ホトトギスガイ
二枚貝
(懸濁物食者)



二枚貝全体

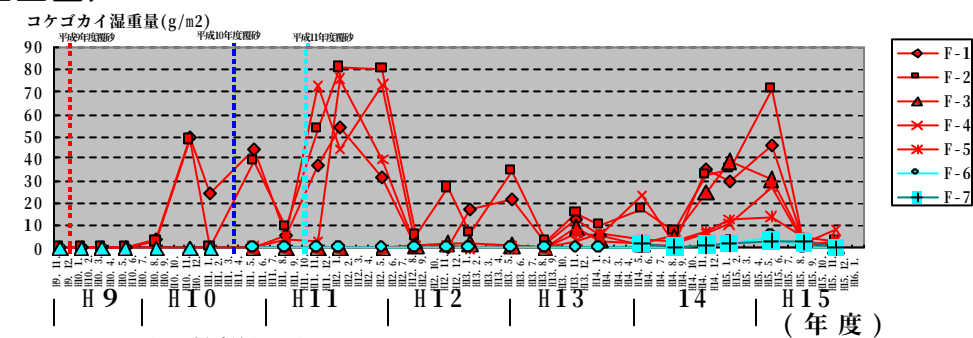


(参考)
ホトトギスガイを除く二枚貝

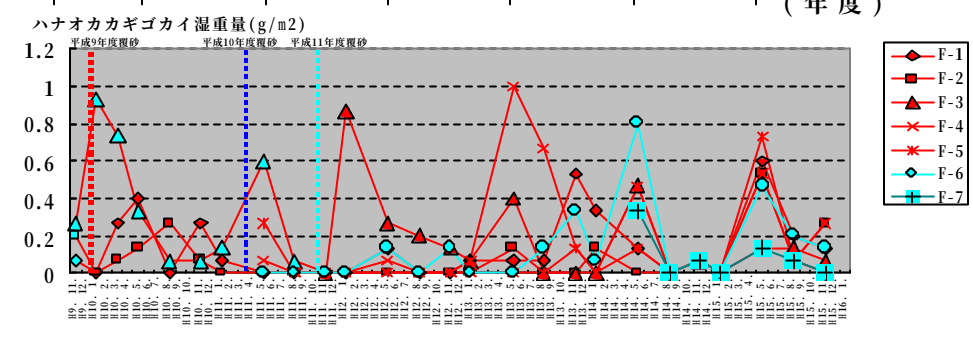


・代表的な種の経時変化（湿重量）

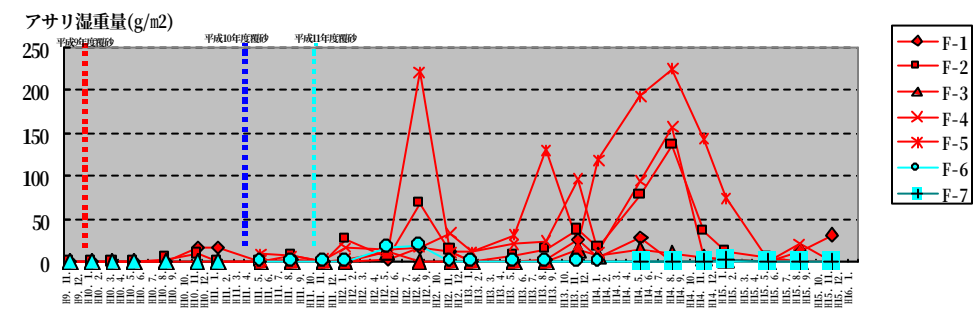
コケゴカイ
砂質を好む大型種のゴカイ
(肉食・堆積物食者)



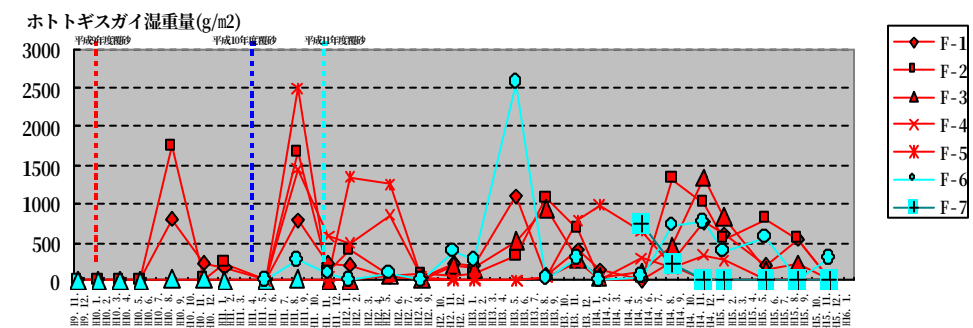
ハナオカカギゴカイ
小型種のゴカイ
(表在性堆積物食者)



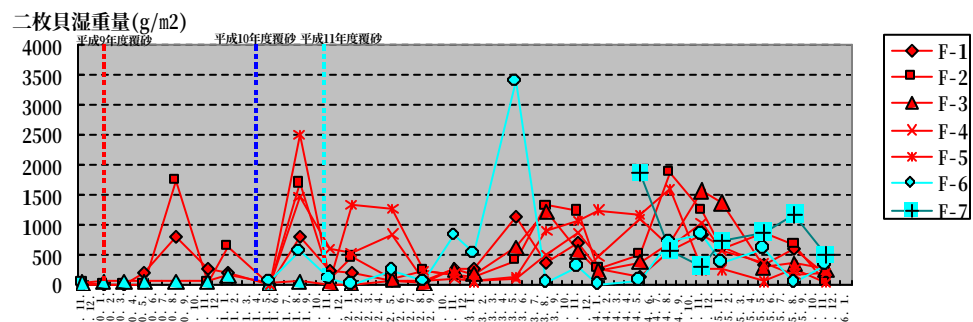
アサリ
二枚貝
(懸濁物食者)



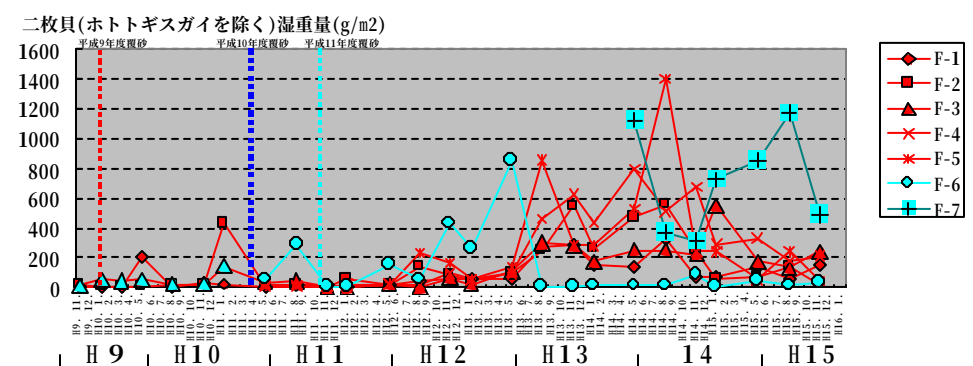
ホトトギスガイ
二枚貝
(懸濁物食者)



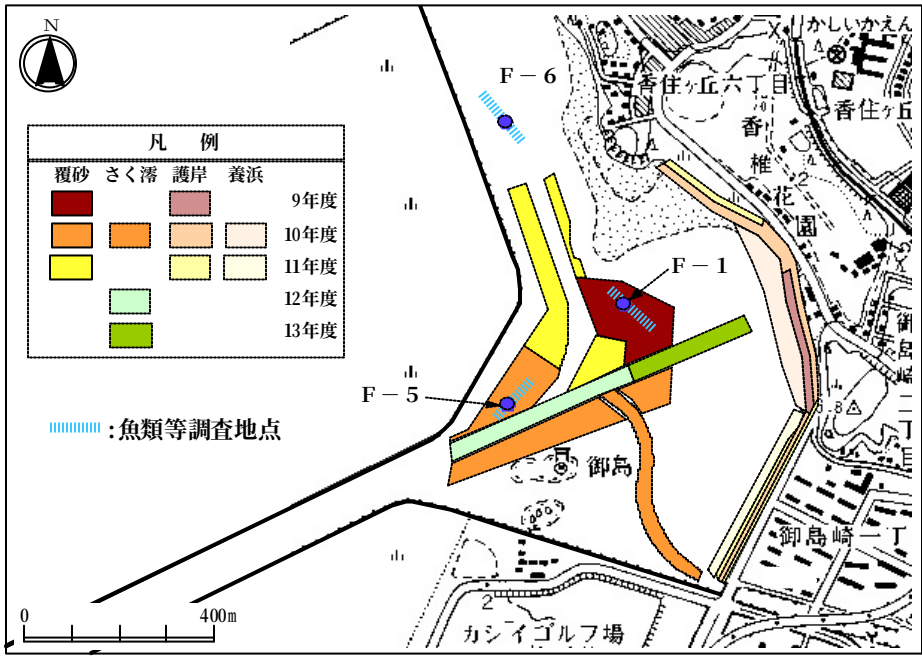
二枚貝全体



(参考)
ホトトギスガイを除く二枚貝



②魚類等調査



魚類等調査地点位置

調査日：平成15年6月2～3日

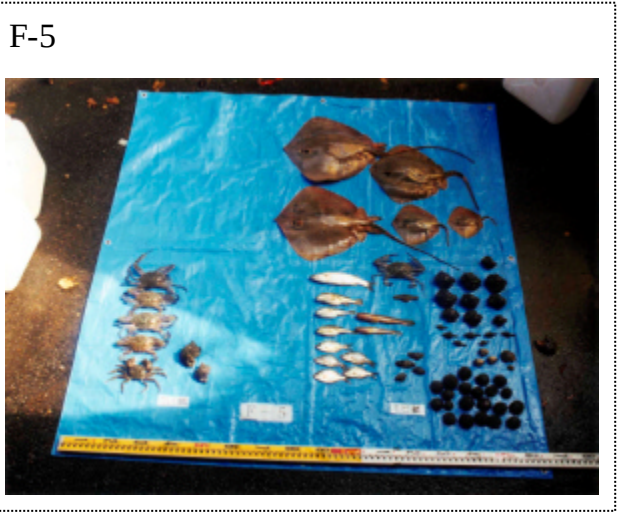
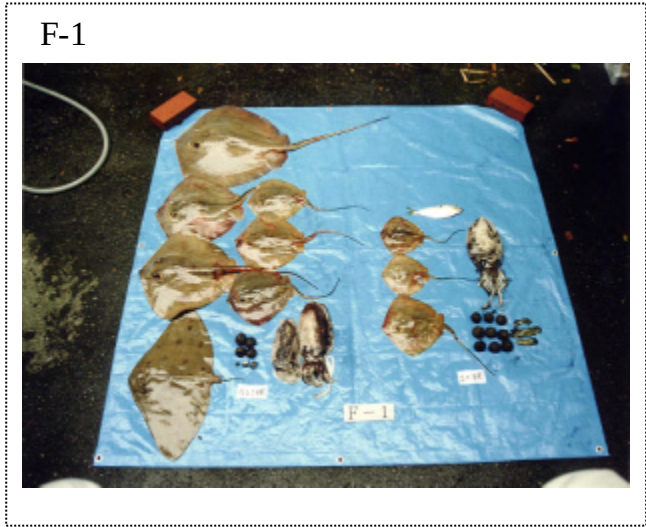
調査日：平成15年11月7～8日

門	綱	目	科	種	F-1		F-5		F-6		F-1		F-5		F-6	
					カレイ網	エビ網	カレイ網	エビ網	カレイ網	エビ網	カレイ網	エビ網	カレイ網	エビ網	カレイ網	エビ網
軟体動物門	腹足綱	新腹足目	アキカイ科	アカニシ			3	4			4	7	2	10		
			イトマキホラ科	ナガニシ									7			
		頭楯目	ブドウガイ科	ブドウガイ	1											
	二枚貝綱	無楯目	アメフラシ科	トゲアメフラシ							4		4			
		フネガイ目	フネガイ科	サルボウガイ	2								3			
		ウグイスガイ目	ワタゾウツキヒガイ科	アズマニシキ									2			
頭足綱	十腕目	コウイカ科	カミナリイカ	2	1			17	9							
	八腕形目	マダコ科	テナガダコ					1	1							
節足動物門	甲殻綱	十脚目	ヒシガニ科	ヒシガニ									1			
			ガサミ科	タイワンガザミ							4	1	3	1		
			イワガニ科	モクズガニ							1					
棘皮動物門	クモヒトデ綱	クモヒトデ目					1									
	ウニ綱	ホンウニ目	サンショウウニ科	サンショウウニ	4	9	3	11			1	2		19		
	ナマコ綱	マナコ目	シクナマコ科	マナマコ		3	1									
脊椎動物門	軟骨魚綱	エイ目	アカエイ科	アカエイ	6	3	1		1		1			5		
			ツバクロエイ科	ツバクロエイ	1											
	硬骨魚綱	ニシ目	ニシ科	コノシロ		1		1							1	5
			カタクチイワシ科	カタクチイワシ												1
		スズキ目	ボラ科	ボラ								1		1	1	
			ウミタナゴ科	ウミタナゴ							2	4		5		2
			ハゼ科	マハゼ							1	1		2		4
			カレイ目	ヒラメ科	ヒラメ										2	
				カレイ科	マコガレイ			1	2							
		フグ目	フグ科	クサフグ						3				3		
	個体数				16	17	9	19	19	13	9	19	7	63	7	13
				33		28		32		28		70		20		
出現種数				6	5	5	5	3	3	5	6	3	13	4	5	
				8		7		4		7		14		7		

調査日:平成15年6月2～3日

調査日:平成15年11月7～8日

覆砂区)



覆砂 未施工区)



（３）項目別の調査結果と評価（案）

＜底質＞

①底質有機物量（COD）の減少効果

覆砂区におけるCOD濃度は覆砂直後の約１年間で約5～10mg/gと低い値であり、その後は横這いもしくは緩やかな増加傾向を示しており、覆砂前の濃度と比較して約半分程度の値で推移している。

これらの結果から、覆砂による底泥有機物量の減少効果の評価基準20mg/g以下を十分に達成しており、かつ現在まで維持できていると考えられる。

②底質硫化物の減少効果

覆砂区における硫化物濃度は覆砂直後の約１年間で0.1mg/g以下で非常に低い値であるが、その後、F-1,F-4,F-5は横這いもしくは緩やかな上昇傾向であるのに対し、F-2,F-3は覆砂後の硫化物濃度の上昇や変動が大きい。

未施工区では覆砂前の濃度付近で推移していたが、近年、F-6で濃度の上昇や変動が大きい。

なお、硫化物の平均濃度は覆砂区で約0.2mg/g、未施工区で約0.4mg/gである。

これらの結果から、覆砂による底泥硫化物の減少効果の評価基準0.2mg/g以下を覆砂直後に十分に達成しているが、その後の濃度は上昇傾向であり、地点間でバラツキがあるものの、一部で覆砂前の濃度を超えている。また、未施工区でも硫化物濃度が上昇しているなど濃度上昇の要因は不明である。

現時点での硫化物の減少効果（持続性）は明確に確認できていない。

＜硫化物詳細調査結果＞

硫化物濃度上昇を詳しく調べるため、硫化物(AVS)の鉛直分布、生物量との関係を調べた結果、硫化物濃度は秋季、冬季に比べ春季、夏季が高く、鉛直分布は覆砂区、未施工区とも底泥表面から10cmまでの変動が大きいが、夏季では、表面付近の１層目（表面～2cm）が高く、夏季以外では２層目（2～4cm）が高くなっている。

一方、底生生物の分布も硫化物同様に1,2層目で生息量が多くなっている。深度15cm以深では底生生物は確認されなかった。

③底質粒度組成の砂分増加効果（底泥粒径の増大）

覆砂区の粒度組成は一部地点（F-3）で砂礫分（粒径0.075mm以上）の割合が一時的に小さくなっているが、概ね50%以上で推移しており、覆砂後から現在まで砂質を維持している。また、砂質を好む底生生物（コケゴカイ等）の種類や量も増加している（⑥底生生物 参照）。

覆砂の表層部分では、新生堆積物として細かい粒径のシルト・粘土の分布が見受けられるがこの堆積厚はほぼ一定で推移している。

これらの結果から、覆砂による底質粒径の増大効果の砂礫分（粒径0.075mm以上）の50%以上維持を十分に達成しており、かつ現在まで維持できていると考えられる。

＜新生堆積物の分析結果＞

新生堆積物における、厚さの変化、クロロフィルa及びフェオ色素の組成変化、炭素・窒素同位体組成の分析結果から、新生堆積物は河川（香椎川）からの流入によるものではなく、海域由来（藻類やプランクトン等の有機物分解で生じた懸濁物質）であると推察される。

④栄養塩溶出量の削減効果

国の調査事例や香椎地区（御島）底泥を用いた覆砂施工前（調査設計時）の溶出量試験では、覆砂による溶出抑制効果が確認されているが、数年間にわたる本調査において覆砂区内外の溶出速度を比較すると、全窒素（T-N）及び全リン（T-P）の溶出量は、覆砂直後やや低くなっているがその後、覆砂区では未施工区よりも値が高くなっている。

このため、覆砂後の底質に多い底生生物の除去による試験を行った結果、生物を除去した場合では、覆砂区の溶出量は小さくなった。

これらの結果から、覆砂直後は溶出が抑えられているが、その後、覆砂区では原地盤からの溶出抑制効果以上に底生生物相が豊かになったことにより溶出量の値が高くなったと考えられ、覆砂層での生物活動による溶出が影響しているものと考えられる。

覆砂後の生物相は豊かとなっているが、このことに伴う栄養塩溶出量の増加が考えられ、覆砂後の栄養塩溶出量の削減効果は現時点で明確に確認できていない。

⑤底質のDO消費量の削減効果

覆砂区内外で酸素消費速度を比較すると、未覆砂区に比べ覆砂区では底質のD0（溶存酸素）消費量の値が高くなっている。

このため、覆砂後の底質で豊かとなった底生生物、及び有機物分解などから生じると考えられる新生堆積物を除去した試験を行った結果、これらを除去した場合のD0消費量は小さくなった。

これらの結果から、覆砂区では底生生物量や有機物量（COD）の少ない覆砂直後、酸素消費量は低くなり、その後値が高くなったと考えられるが、その上昇の要因は、底生生物の活動や新生堆積物の有機物分解の影響が関与しているものと考えられる。

覆砂後の生物相は豊かになっているが、底生生物の活動や有機物の分解促進に伴うDO消費が考えられ、覆砂後の底質DO消費量の削減効果は現時点で明確に確認できていない。

（参考）覆砂区と未覆砂区の底質，底質フラックス及び底生生物の全調査地点の平均値

項 目			単位	未覆砂区	覆砂直後 (約1年間)	覆砂後 (約1年以降)	全覆砂期間
底質	COD		(mg/g)	15.5	1.3	5.7	5.1
	硫化物		(mg/g)	0.386	0.017	0.261	0.228
	粒度組成		(砂礫分%)	12.9	95.0	77.9	80.2
	(中央粒径)		(mm)	0.027	0.462	0.377	0.389
底質フラックス	CODの溶出	好気条件	(mg/m ² /日)	26.5	31.5	38.8	36.9
		嫌気条件	(mg/m ² /日)	77.6	1427.0	618.2	833.9
	T-Nの溶出	好気条件	(mg/m ² /日)	16.7	188.0	56.0	91.2
		嫌気条件	(mg/m ² /日)	67.8	1025.6	482.5	627.3
	T-Pの溶出	好気条件	(mg/m ² /日)	0.65	16.24	5.01	8.01
		嫌気条件	(mg/m ² /日)	15.69	94.43	66.25	73.76
	酸素消費速度		(mg/m ² /日)	800.7	975.9	1520.5	1375.3
	底生生物	種数	(種)	30	22	40	37
個体数		(個体/m ²)	4148	9391	7045	7447	
湿重量		(g/m ²)	473	442	635	602	

＜底生生物＞

⑥底生生物の多様性と生物量の増大

覆砂区域内外を比較すると、種類数が覆砂区で増大しており、覆砂前10～20種程度であったものが、50～60種程度に増えており、底生生物の多様化がみられる。個体数、湿重量は爆発的に増えるホトトギスガイなどにより大きな変動がみられるが、覆砂区で個体数、湿重量の値は大きくなっている。特にアサリや砂質を好むコケゴカイなどの個体数が増加している。

また、覆砂区でホトトギスガイを除いた二枚貝類の湿重量が継続して増加していることや、1個体当たりの湿重量がやや増加傾向を示していることなどから、覆砂区では世代交代が行われており、季節的な変動はあるが生物量は安定しているものと考えられる。

なお、覆砂区に挟まれた未施工区（F-7）においても種類数、湿重量の値が高くなっている。

これらの結果から、覆砂区内では施工前に比べ底生生物の生息に適した環境となっており、その改善効果は現在も継続していると考えられる。また、覆砂区に隣接した周辺の未施工区においても底生生物の生息環境の改善がみられていると考えられる。

⑦底生魚類の多様化と量の増大

平成15年度に刺し網による底生魚類の調査を行った結果、覆砂区でカレイ類やエイ類などの底生魚類が確認された。また、覆砂区内外でガザミ等の甲殻類も確認された。

エイ類が多く確認されたが、エイ類の食性は主に二枚貝を餌としており、生息場所は砂泥質である。このことから、覆砂によって泥質から砂質あるいは砂泥質に底質改善したことや餌である底生生物が増えたことによって、魚介類が多様に生息できる環境になったと考えられる。

これらの結果から、底生生物の生息環境が改善され底生魚類も確認されており、生物群集の多様化も進んでいると考えられる。

3. 覆砂効果の評価（素案）

覆砂事業効果の調査結果（総括）

（底質の改善）

①博多港香椎地区（御島海域）における覆砂事業による結果は、底泥の粒径、有機物量では覆砂区内の値はそれぞれ基準、望ましい方向を達成している。また、硫化物量は、一部の地点（F-3）で覆砂前の濃度に戻っているもののそこに生息する底生生物の種数や個体数の増加傾向は現在まで継続している。

（溶出量の削減、D0消費量の削減）

②一方、底泥からの溶出負荷の低減やD0消費量の低下による水質改善効果については、現時点では明確に確認できていない。

施工前の試験室での効果や直後の改善効果は確認されたが、施工後数年経ての底泥の溶出速度試験結果やD0消費速度試験結果では、覆砂後の底泥からの溶出量やD0消費量は覆砂未施工区よりも上昇している。これは、未施工区よりも覆砂区内で生物相が豊かとなっており、生物除去等の条件による追加試験結果から、これら覆砂内での生物活動に伴う栄養塩類の溶出増加や、生物の呼吸活性の高まりなどによるD0消費量の増加によるものと考えられる。

（生物相の回復）

③しかし、底質からの溶出負荷の影響やD0減少の影響が関与すると考えられる底生生物について、覆砂区内外を比較すると、種類数、個体数、湿重量ともに区域内が高い値を示している。このことから、覆砂によりその海底直近の水質および底質が改善され、底生生物の生息に適した環境となったものと考えられ、その効果は現在まで持続している。

④さらに、覆砂区内外の魚類調査（刺し網調査）によって、カレイ類やエイ類などの底生魚類が覆砂区内で多く捕獲された。

覆砂により底生生物の増大にともない、それを餌とする魚類が出現するなど生物群集の多様化が図られていると考えられる。

⑤以上のように、博多湾香椎地区（御島海域）における覆砂は、底生生物の生息環境を良好にする手法として非常に有効であり、今回のように限られた範囲のものであっても、覆砂区外の周辺部まで生物相の回復効果があり、現在まで維持していることが明らかとなった。

とりまとめ結果を表一 に示す。評価に当たっては、以下の三段階とした。

効果が明確に評価できる項目	◎
効果がおおむね評価できる項目	○
効果が明確化できない又は不明である項目	△

なお、覆砂の効果・影響が期待されるが、総合的な見地からの判断が必要とされる項目は（※）、御島海域での覆砂の効果としては考慮しなくても良い項目は斜線（／）で示した。

表一 香椎地区（御島海域）における覆砂の効果・影響の評価結果（案）

効果・影響		効果の判断基準、望ましい方向	評価
底質 の改善	底泥有機物量(COD)の減少	水産用水基準（COD 20mg/g乾泥以下）	◎
	底泥硫化物量の減少	水産用水基準（硫化物 0.2mg/g乾泥以下）	△
	底泥粒径の増大	砂礫分（粒径0.075mm以上）50%以上維持	◎
	栄養塩類(N,P)溶出の削減	底泥からの窒素、リン溶出量低下	△
	D0消費量の削減	底泥のD0消費量低下	△
生物相 の回復	底生生物の多様化と量の増大	種数、個体数、湿重量の増大	◎
	底生魚類の多様化と量の増大	種数、個体数の増大	○
	水産資源の増大	底生生物食性魚介類・魚食性魚類の組成増大	※
	漁獲による栄養塩取り上げ量の増大	漁獲量の増大	※
	生物群集の多様化	生態系の上位に位置する鳥類等の増加	※
水質 の改善	水中の栄養塩類の低下	水中の全窒素、全リン濃度の低下	※
	植物プランクトン量の低下	水中の有機物量(COD)として減少	※
	懸濁有機物量の低下	水中の有機物量(COD)として減少	※
	透明度の増大	透明度が増大する	※
	底層のDO増大	夏季底層水D0が増大	※
	赤潮発生の減少	赤潮の発生可能性（頻度、規模）が小さくなる	※
	着色現象の減少	プランクトン、水中有機物による着色が少なくなる	※
	動物プランクトン量の増大	動物プランクトン量の増大	※
	ガス・悪臭成分の減少	ガス・悪臭成分量の発生量が減少する	／
	悪臭発生の減少	悪臭発生が減少する	／

：当初計画のモニタリング項目（当初の評価項目）