

表4 底生生物の湿重量 (g/0.25m²)

	6月	9月	12月	3月
山盛覆砂区	2.88 (0.00)	0.30 (0.00)	4.64 (1.85)	1.53 (0.00)
山盛対照区	17.64 (6.70)	85.45 (24.94)	66.73 (57.69)	69.34 (43.31)
斜面覆砂区	2.50 (0.00)	3.50 (0.00)	2.40 (0.00)	9.39 (8.00)
斜面对照区	20.23 (17.85)	12.50 (6.94)	2.66 (1.75)	0.67 (0.00)

※カッコ内は1gを超える大型個体の湿重量

山盛覆砂区では、覆砂直後の9月には種類数、個体数、湿重量いずれも覆砂前より大きく減少し、対照区と比較すると種類数が4.4分の1、個体数が12.7分の1、重量は284.8分の1と、生物層は極めて貧弱であった。これは覆砂によって従来生息していた生物の大半が死滅したためと考えられた。その後生物層はやや回復し、3月調査時点での対照区との比較では種類数が2.3分の1、個体数が1.4分の1、湿重量が45.3分の1となった。

斜面覆砂区でも覆砂直後には生物量が減少すると考えられたが、9月調査時の種類数、湿重量は覆砂前より微増し、個体数も大きな減少は認められなかった。また対照区と比較しても種類数は1.3分の1、個体数は1.6分の1、湿重量は3.6分の1と、山盛覆砂区に比べて対照区との差は小さかった。しかし12月以降種類数、個体数が減少し、3月調査時には対照区に比べ種類数が1.7分の1、個体数が2.2分の1と差が広がっていた。一方湿重量は対照区の14倍と大きく上回ったが、覆砂区の湿重量の大半は1gを超える大型のベントスが占めていた。

タイラギの着底初期稚貝(1g未満)は9月に山盛覆砂区を除く3点で確認され、その個体数は山盛対照区で1個体、斜面覆砂区で4個体、斜面对照区で2個体であった。

3. 水質調査

各調査点の日平均水温の推移を図15に、日平均酸素飽和度の推移を図16に、流速の推移を図17～20に示した。

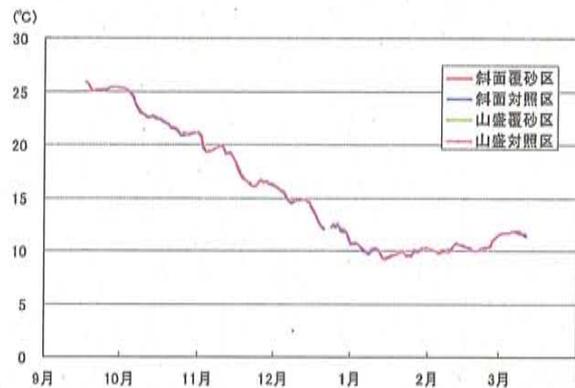


図15 日平均水温の推移

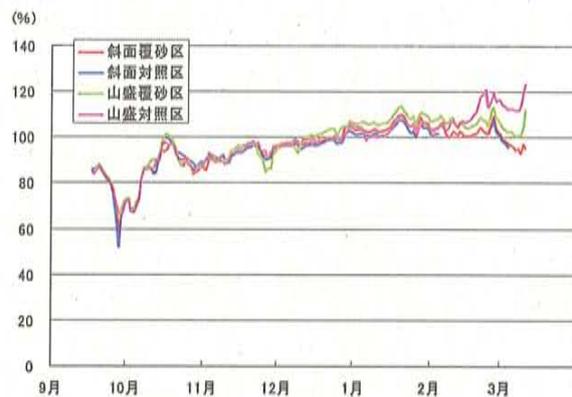


図16 日平均酸素飽和度の推移

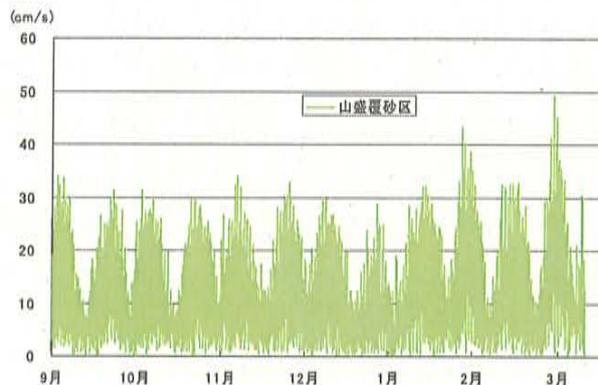


図17 山盛覆砂区の流速の推移

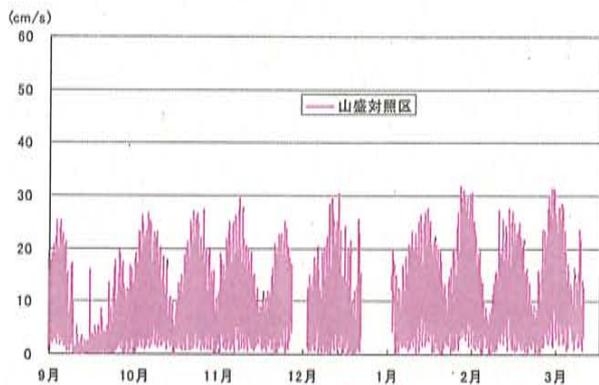


図18 山盛対照区の流速の推移

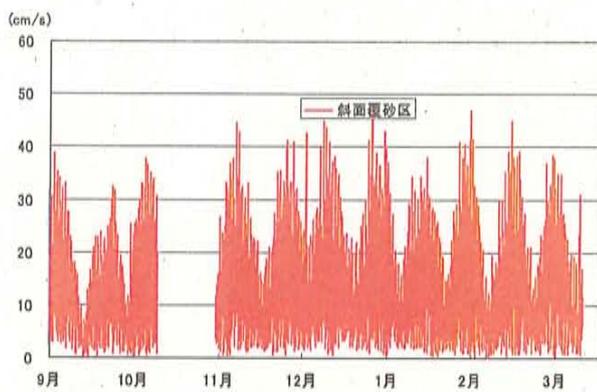


図19 斜面覆砂区の流速の推移

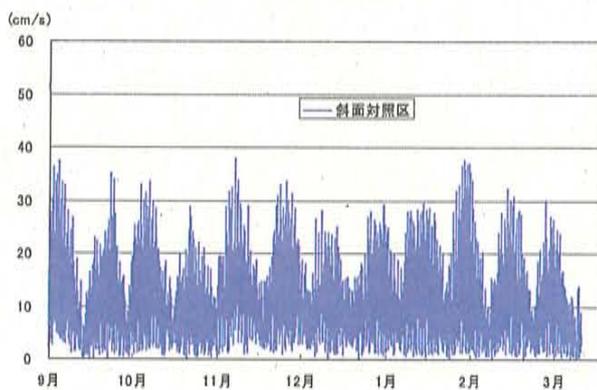


図20 斜面对照区の流速の推移

いずれの調査点でも水温はほぼ同様の推移を示し、各測期間中の平均水温も15.7℃と全く同じであった。また最高水温、最低水温も観測を開始した9月17日が25.9℃で最も高く、1月15日に9.3℃で調査点による差はなかった。

酸素飽和度は全ての調査点で潮汐に連動した周期的な変動を示し、大潮時に増加、小潮時に減少する傾向があっ

た。

9月下旬の小潮時に全調査点で酸素飽和度が低下し、特に斜面覆砂区及び対照区では60%を下回ったが、11月以降はいずれの調査点でも変動が小さくなり、100%前後で推移した。

潮流は全調査点で潮汐に連動して増減し、斜面覆砂区では他の調査点に比べてやや流速が早い傾向が認められた。また山盛覆砂区、斜面覆砂区ともに対照区に比べて流速が増加する傾向が認められ、山盛と斜面を比較すると、覆砂区、対照区ともに斜面で流速が早い傾向が認められた。

考 察

今回、峰の洲漁場で実施した峰の洲天板部の山盛覆砂及び斜面部に実施した覆砂を比較すると、斜面覆砂ではタイラギの生息数が大幅に増加したが、山盛覆砂では生息数はむしろ減少するという結果になった。また、天頂部に実施した山盛覆砂は覆砂実施から一ヶ月後には形状が崩れていたことも明らかになった。

硫化物量、泥分率、強熱減量は斜面覆砂と同様に山盛覆砂でも対照区に比べ減少していたにもかかわらず、斜面覆砂で生息数が増加し、山盛覆砂で生息数が増加しなかったことから、斜面覆砂区でのタイラギ生息数増加の理由が底質環境の差ではない事は明らかである。また、天頂部、斜面部の対照区も、過去の知見からタイラギの生息に不適な環境ではなく(表5)、タイラギの発生は十分可能と考えられる。

表5 タイラギの生息に適した表層の底質環境の条件

底質調査項目	適している	生息は可能	適さない
浮泥堆積状況	10mm以下	20mm以下	20mm を超える
硫化物量	0.1mg/g乾泥 未満	0.4mg/g乾泥 未満	0.4mg/g乾泥 以上
強熱減量	5%未満	10%未満	10%以上
泥分率	30%未満	50%未満	50%以上
中央粒径値	3未満	4未満	4以上

水質環境からは、水温、酸素飽和度については各調査点間での差はなく、覆砂による改善効果、天頂部と斜面部での違いは認められなかった。しかし、流速については覆砂区で上昇すること、天頂部に比べて斜面部でやや速いことが確認された。さらに、有明海区の他の海域に比べて今回

の調査海域は流れが速く(表6, 7), 底質の攪拌が起こるとされる30cm/sを頻繁に超えていることが明らかになった。

表6 各調査点の平均流速

	山盛		斜面	
	覆砂区	対照区	覆砂区	対照区
平均流速	11.3cm/s	8.4cm/s	13.4cm/s	10.6cm/s

表7 有明海の各海域の平均流速

	三池島	大牟田北	三池港
平均流速	5.9cm/s	6.0cm/s	7.2cm/s

通常、覆砂による生物量の増大は、主に底質の改善によって生物の生残率が上がることによって起こると考えられる。しかし、峰の洲漁場は有明海の他の漁場に比べても流速が速く、底質環境が比較的良好に維持されていることから、硫化物量や泥分率の減少が生物に与える影響は小さいと考えられた。

タイラギ着底初期稚貝の生息数が斜面覆砂区で対照区に比べて2倍に増加していたことから、斜面覆砂区で大幅にタイラギの生息数が増加したのは、タイラギの稚貝着底数が増加したためである可能性が高い。

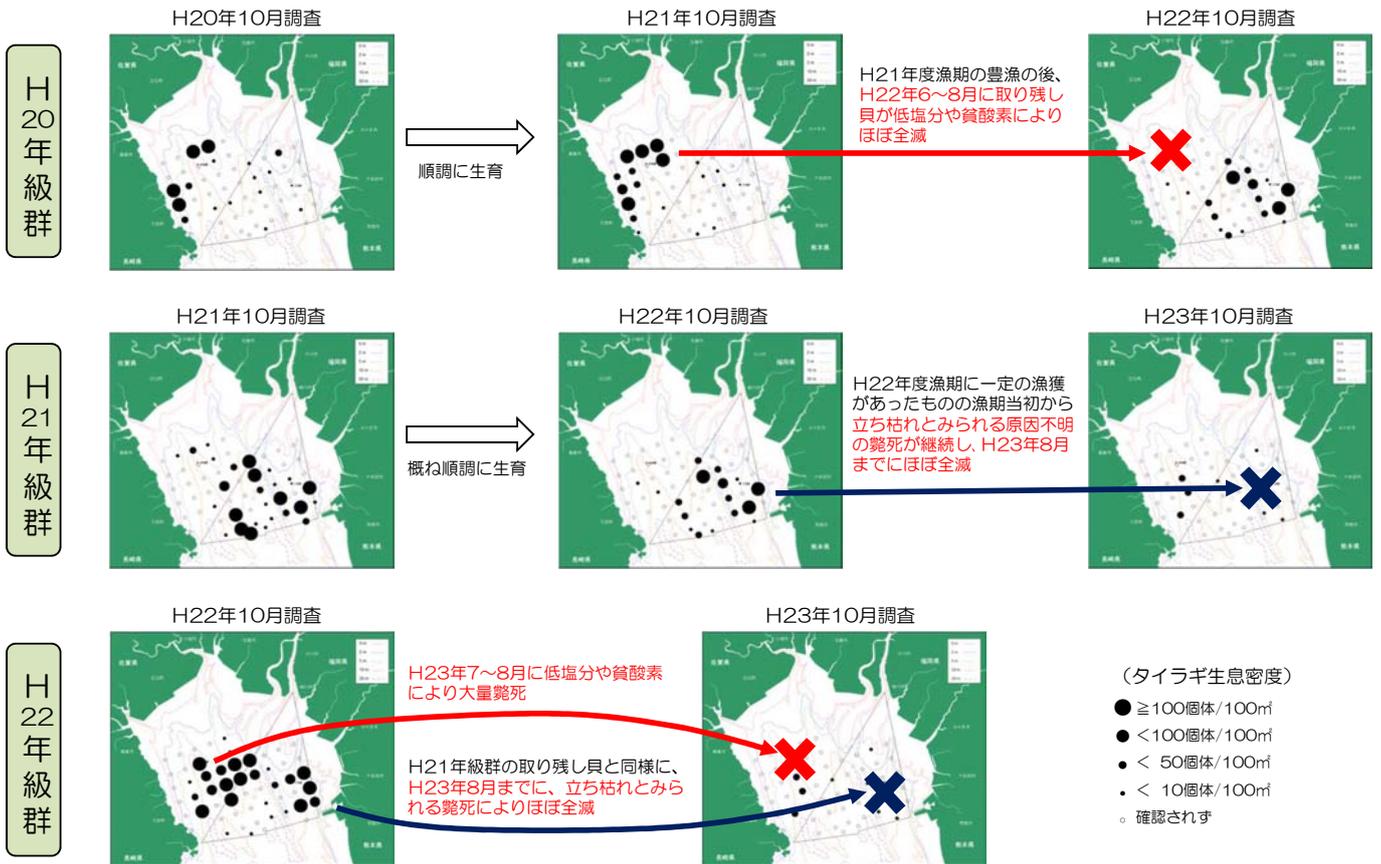
覆砂の実施により、粒径が大きく水の抵抗を受けやすく沈降速度が遅い貝殻が海底表面に堆積する。貝殻は表面の水流を複雑にし、その結果、浮遊幼生が多く滞留し、着底が促進されたと考えられた。

しかし峰の洲海域では、流速が速いために抵抗を受けやすい山盛覆砂は形状が維持できず、覆砂実施後早い段階で崩れてしまい、タイラギの着底時期に海底面で砂が移動し、着底した稚貝の定着を阻害していたと推測される。一方で同時期に実施した斜面覆砂区は比較的早い段階で砂が安定し、タイラギの稚貝の定着を妨げる砂の移動が少なかったものと推測された。

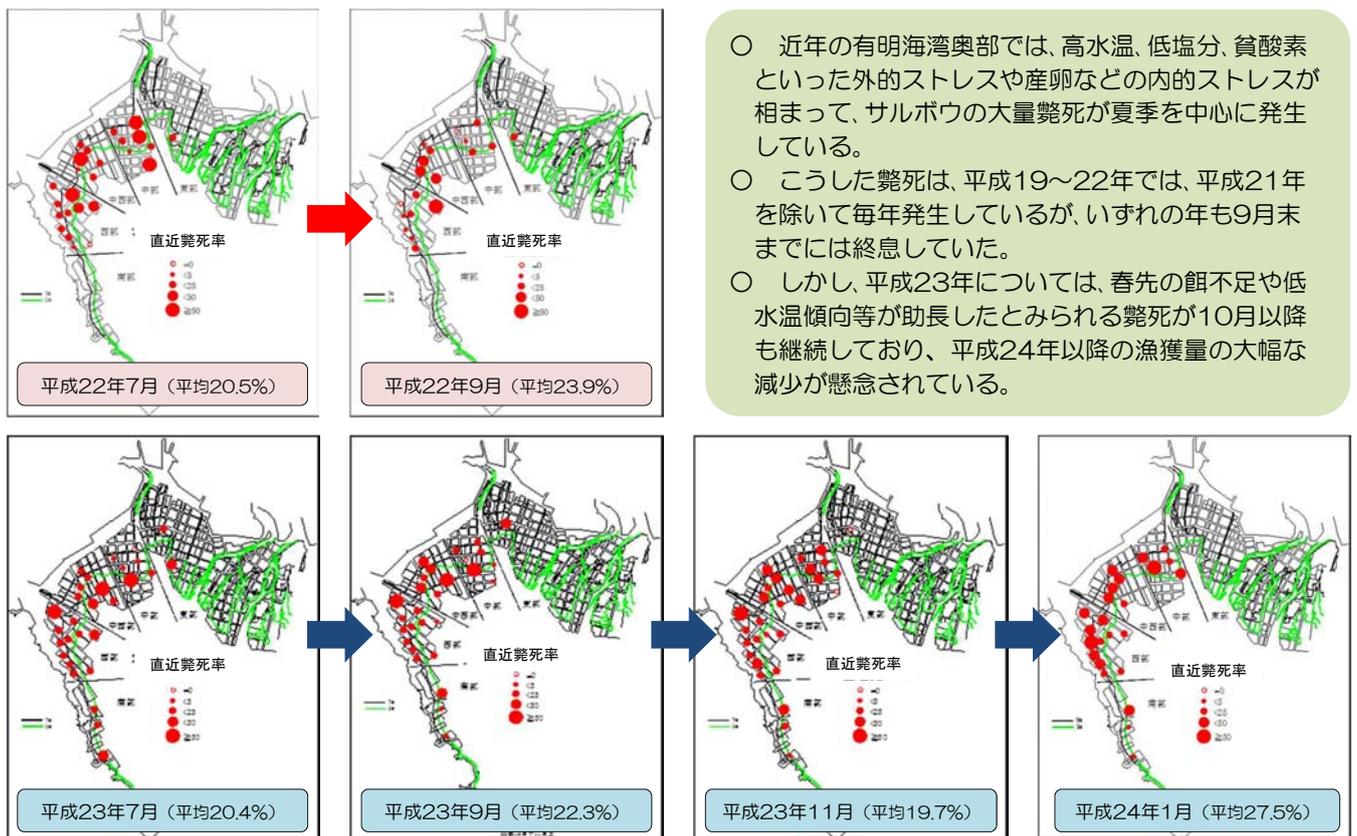
今回の試験から推測された沖合漁場でのタイラギ発生を増大させた要因は、浮遊幼生の着底を促進させる表面構造の複雑化であった。一方で稚貝の着底時期に底質が不安定であることがタイラギの発生を大きく阻害すると考えられた。また今回調査を行った峰の洲海域では山盛覆砂は形状を維持できず、期待された浮泥堆積を防除する効果は認められなかった。

今後はタイラギ等の浮遊幼生の着底を促すため、海底面の微細な流れを作り出す手法として、砕いたサルボウの貝殻を海底面上に薄く散布するなど、覆砂以外の手法についても検討し、タイラギ資源を増大させるより経済的かつ効果的な手法の開発を進める。

【資料1】近年のタイラギの斃死状況



【資料2】近年のサルボウの斃死状況



【資料3】 粉碎貝殻散布・耕耘の概要

1. 造成実績



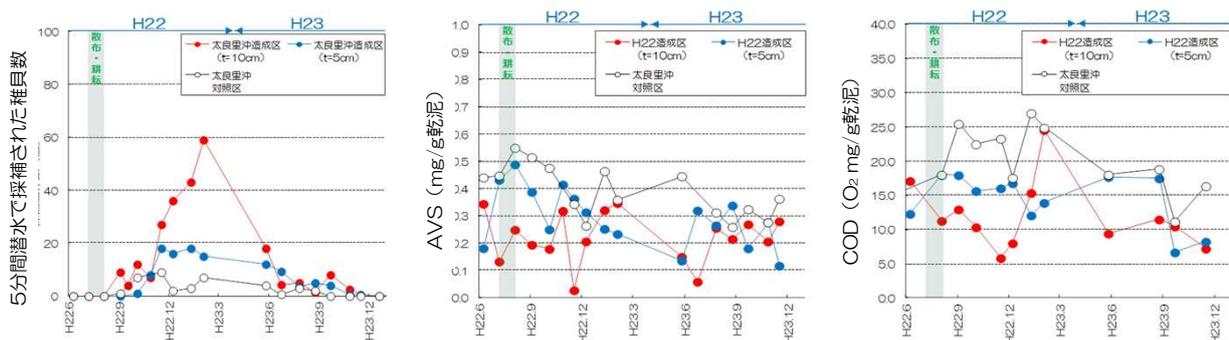
	造成年度	原地盤の底質	造成面積	粉碎サルボウ貝殻の散布厚	耕耘の有無
①	H21	砂質	1ha	10cm	有
②	H21	泥質	1ha	10cm	有
③	H22	泥質	1ha 1ha	5cm 10cm	有 有
④	H23	泥質	1ha 1ha	1cm 1cm	有 無

2. 取組のねらいと主な結果の概要

【ねらい】 通常の覆砂で得られる底泥中の硫化物量や有機物量の減少効果等とともに、付着基質の添加によるタイラギ稚貝の着底促進効果を期待して取組を実施。

【主な結果の概要】

- 平成21、22年度造成区の調査結果から、泥質の漁場において、粉碎したサルボウ殻散布・耕耘によるタイラギ稚貝の着底促進効果が大きいこと、散布厚が5cmでも有効であることを確認（下図左）。
 - 泥質のAVS（酸揮発性硫化物量）、COD（化学的酸素要求量）が高い漁場において、サルボウ殻散布・耕耘による底質改善効果を確認（下図中・右）。
- （※ 平成23年度造成区については、同年度のタイラギ浮遊幼生の発生量が少なかったことなどにより、現時点では、期待した効果の確認が十分には行えていない。）



サルボウ殻散布・耕耘の効果の一例（平成22年度造成区）

3. 今後の取組

- 今後の取組については、サルボウ殻散布・耕耘の効果の持続性や費用対効果等を把握するため、過年度造成区の追跡調査を継続実施するとともに、造成効果を最大限機能させるため、造成漁場への稚貝の移植等についても検討する予定である。

有明海湾奥部の底質およびメガロベントス
—2007年400点調査—

吉田賢二・首藤俊雄・藤崎 博・有吉敏和*

Properties and Megalobenthos of Bottom Mud in the Inner Part of Ariake Sea, 2007

Kenji YOSHIDA, Toshio SHUTOU, Hiroshi FUJISAKI and Toshikazu ARIYOSHI

はじめに

佐賀県有明海域は、タイラギやクマサルボウ（準特産種）等の貝類の好漁場であったが、近年、貝類の漁獲量は著しく減少している。特に、クマサルボウは1998年度から自主規制による禁漁に追い込まれており、潜水器漁業のタイラギも1999年にはほとんど漁獲がなくなり、2003、2006年に若干の漁獲がみられたが、2004、2005年は休漁、2007年もほとんど漁獲がない状況である。

一方、これまで当海域の底質については、大隈ら¹⁾が2000年に底質調査（55点）を行い、1989年に実施した沿岸漁業総合整備事業基礎調査²⁾結果と比較して、海域西部で底質の細粒化が進んでいることを報告している。また、伊藤³⁾はタイラギ資源の減少原因の一つとして、この湾奥北西海域の底質の細粒化による生息海域の縮小を挙げている。さらに、2005年には藤崎ら⁴⁾が当海域の底質調査（55点）を行い、2000年の底質調査結果と比較したが、海域西部の更なる底質の細粒化はみられなかったと報告している。

このように当海域については、定期的に底質調査を行い、底質の動向把握に努めてきたが、依然としてタイラギ等の資源回復に至っていないのが現状である。そこで今回、当海域に調査定点を400点設け、底質やタイラギ等の生息状況を広域的かつ詳細に把握するための基礎調査を実施したので、その結果を報告する。

材料および方法

1. 調査日

400点調査は表1に示した2007年9月5、6、7、10、

表1 調査日および調査地点

調査日	調査地点	調査日	調査地点
9月5日	St. 276~280	9月18日	St. 242~246
	St. 293~297		St. 256~261
	St. 306~310		St. 272~275
	St. 319~323		St. 291, 292
	St. 332~336		St. 302~305
	St. 346~350		St. 313~318
	St. 359~363		St. 328~331
	St. 372~376		St. 340~345
	St. 385~389		St. 355~358
	St. 396~400		St. 368~384 St. 395
9月6日	St. 1~26	9月19日	St. 236~241
	St. 32~47		St. 252~255
	St. 53~55		St. 268~271
			St. 284~290
			St. 298~301
			St. 311, 312
			St. 324~327
9月7日	St. 115~119	9月20日	St. 338, 339
	St. 132~136		St. 351~354
	St. 148~152		St. 364~367
	St. 165~169		St. 377~380
	St. 181~185		St. 390~394
	St. 198~202		St. 48~52
	St. 214~218		St. 56~86
	St. 231~235		St. 93, 109
	St. 247~251		St. 126, 142
	St. 262~266		St. 159, 175
9月10日	St. 94~103	9月21日	St. 192, 208
	St. 110~114		St. 225, 267
	St. 127~131		St. 281~283
	St. 143~147		St. 337
	St. 160~164		St. 27~31
	St. 176~180		St. 87~92
	St. 193~197		St. 104~108
	St. 209~213		St. 120~125
	St. 226~230		St. 137~141
			St. 153~158
	St. 170~174		
	St. 186~191		
	St. 203~207		
	St. 219~224		

18~21日に実施した。55点調査は2000年¹⁾9月7、8、18~21日に、2005年⁴⁾10月11、12、14、24~26日にそれぞれ実施した。

*：現在、水資源対策課

2. 調査地点

400点調査は図1, 2に示した有明海湾奥部沖合漁場で実施した。55点調査は当該漁場で実施した。

3. 調査項目および方法

採泥は潜水夫によりステンレス製箱形採泥器(15×15×10cm)で行った。採集した底泥の0~5cm層の一部を底質分析用試料として佐賀県有明水産振興センターに持ち帰り、砂分率(粒度組成)およびAVS(酸揮発性硫化物)を測定した。砂分率は泥を2mmの篩を用いて貝殻等を取り除いた後、0.063mmの篩を用いて粒径63μm以上の粒子の重量構成百分率で求めた。AVSは採泥した泥から直接、貝殻等を取り除いた後、よく攪拌して検知管(ガステック)を用いて測定した。

ベントスは潜水夫による5分間潜水調査を行い、両手の届く範囲のタイラギ等を採取した。採取したベントスは佐賀県有明水産振興センターに持ち帰り、同定および測定を行った。なお、調査面積は5分間潜水調査で50㎡と換算した。

結果および考察

1. 底質

1) 砂分率(粒度組成)

400点調査結果の砂分率を表2に、砂分率の水平分布を図3に示した。砂分率は0.5(St.46)~97.8%(St.325)の範囲であった。

海域別でみると野崎ノ州一帯を除く住ノ江川沖海底水道以西(以下海域西部とする)は、全体的に砂分率40%以下の値の低い泥質堆積物が広く分布し、筑後川河口から筑後川沖海底水道以東(以下海域東部とする)は、筑後川河口沖合および三池港沖合に一部砂分率70%以上の砂質堆積物が分布していたが、その他は砂分率40%以下の泥質堆積物が分布していた。野崎ノ州や峰ノ州を含む残りの海域(以下海域中部とする)は、全体的に砂分率70%以上の砂質堆積物が広く分布していた。

スポット的には沖神瀬付近が砂分率40%台、タイラギ造成漁場が砂分率70%台、野崎ノ州や峰ノ州は砂分率90%台と高い値を示した。

また、藤崎ら⁴⁾が2005年10月に行った底質調査(以下2005年55点調査とする)の砂分率の水平分布を図5に示した。2005年55点調査結果によると、砂分率の範囲は0.1~89.9%であった。

400点調査の砂分率の範囲は、2005年55点調査結果

と比較するとやや高い値となっているが、砂分率の水平分布(図3, 5)の傾向はほとんど変わらなかった。

2) AVS(酸揮発性硫化物)

400点調査結果のAVSを表3に、AVSの水平分布を図4に示した。AVSは検出限界値未満(St.392)~1.055mg/g乾泥(St.79)の範囲であった。

海域別でみると、海域西部は0.1~0.9mg/g乾泥、海域東部は0.1~0.6mg/g乾泥、海域中部は0.1mg/g乾泥以下の堆積物が広く分布していた。

2007年400点調査の砂分率の水平分布(図3)と比較すると砂分率の高い海域はAVSが低く、砂分率の低い海域はAVSが高い傾向がみられた。

また、2005年55点調査のAVSの水平分布を図6に示した。2005年55点調査結果によると、AVSの範囲は0.001~0.683mg/g乾泥であった。

400点調査のAVSの水平分布(図4)と2005年55点調査のAVSの水平分布(図6)を比較すると、分布傾向はほとんど変わらなかったが、2007年400点調査の海域西部では0.7mg/g乾泥以上の高い値の堆積物が分布していた。

これは400点調査を2005年55点調査より約一ヶ月早い9月に実施したことや、2007年8月1~16日に*Chattonella marina* 優占種(最高細胞数:6,860 cells/l)の赤潮の発生、8月20日~26日には*Chattonella antiqua* 優占種(最高細胞数:17,300 cells/l)の赤潮の発生および魚介類等の大量斃死が確認されており、これらのことがAVSの値に影響を与えた可能性が考えられた。

3) 砂分率とAVSの関係

400点調査結果の砂分率とAVSの関係を図7に示した。

砂分率とAVSの間には、 $y = 0.596e^{-0.033x}$ 、 $R^2 = 0.692$ の関係がみられた。つまり、砂分率が高ければAVSは低く、砂分率が低ければAVSは高くなる傾向があると考えられた。特に、砂分率65%以上の堆積物については、AVSは全て0.2mg/g乾泥(水産用水基準値)以下であり、砂分率とAVSの関係も強くなる傾向がみられた。

一方、砂分率65%以下の堆積物では、砂分率が低くなる(泥分率が高くなる)に従って、AVSの値の最大と最小の差が大きくなっているが、これは砂分率が低くなるに従って、堆積物に含まれる浮泥等の割合が高くなり、この浮泥等に含まれる硫化物の量が、AVSの値に影響を与えたと考えられた。

すなわち、同じ砂分率(泥分率)の堆積物であっても、

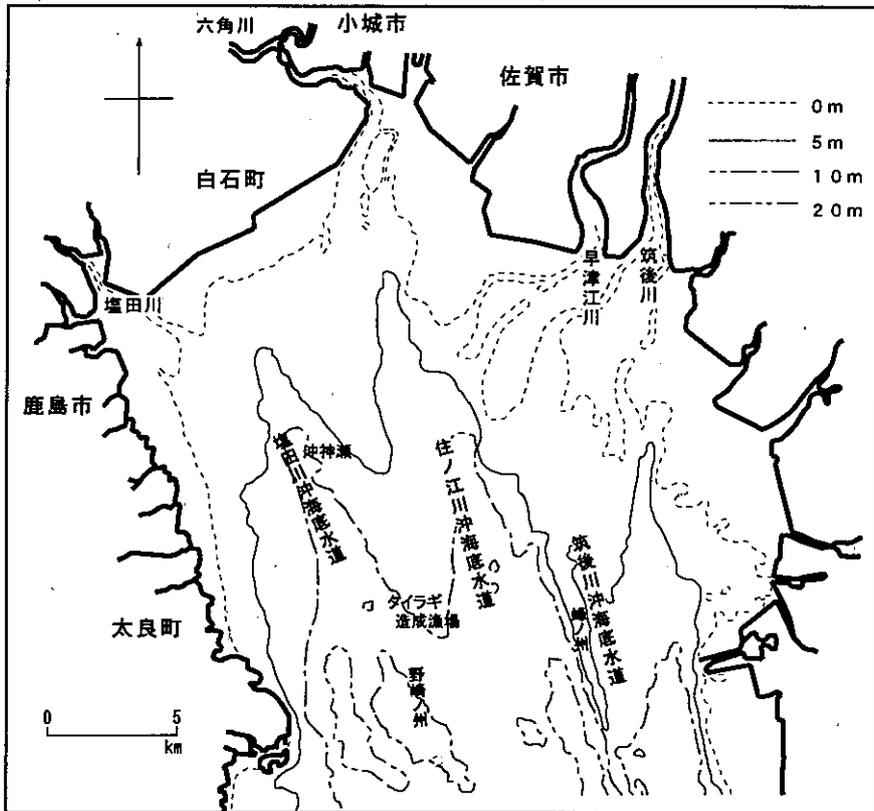


図1 有明海湾奥部地形図

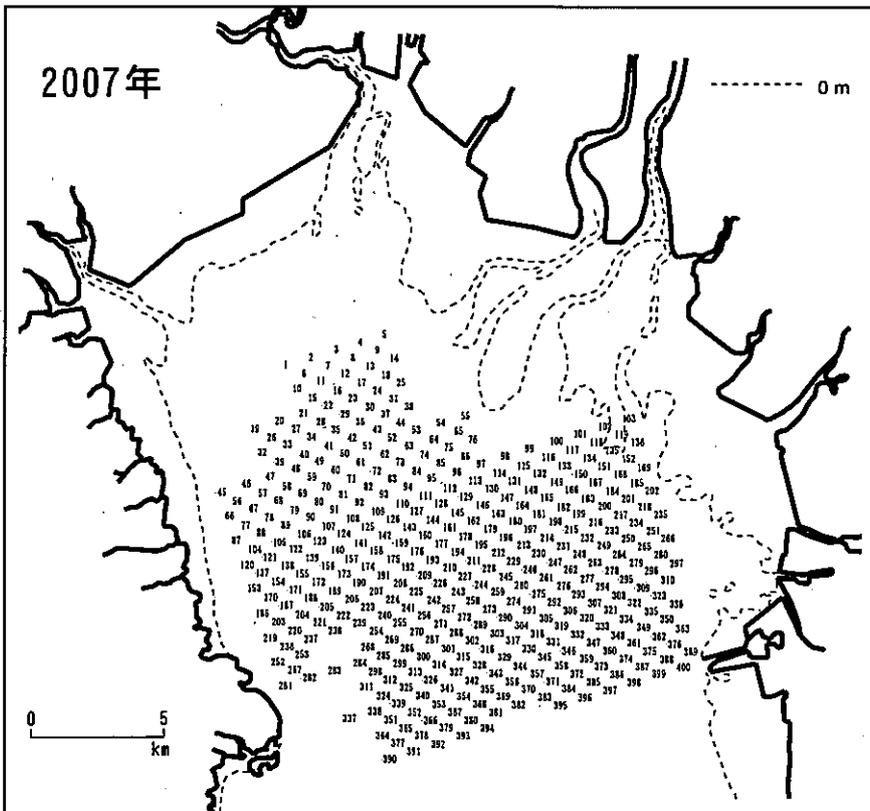


図2 400点調査地点

表2 各地点における砂分率

St	砂分率 (%)	St	砂分率 (%)	St	砂分率 (%)	St	砂分率 (%)	St	砂分率 (%)	St	砂分率 (%)
1	1.4	71	35.7	141	30.9	211	2.3	281	64.3	351	89.6
2	14.6	72	10.4	142	34.3	212	76.5	282	2.2	352	86.1
3	19.6	73	9.1	143	28.2	213	79.3	283	5.1	353	80.4
4	7.2	74	4.0	144	5.6	214	84.1	284	34.0	354	69.0
5	7.8	75	1.9	145	79.4	215	80.8	285	77.7	355	76.7
6	11.5	76	52.8	146	78.2	216	6.1	286	73.0	356	80.4
7	13.4	77	5.8	147	0.6	217	8.6	287	47.6	357	72.2
8	6.1	78	2.4	148	87.8	218	14.6	288	66.7	358	74.7
9	3.5	79	2.6	149	29.1	219	0.6	289	67.6	359	95.3
10	5.0	80	1.1	150	27.0	220	8.5	290	67.6	360	72.3
11	24.3	81	14.9	151	16.5	221	11.4	291	75.4	361	71.1
12	10.6	82	24.4	152	12.0	222	4.3	292	83.2	362	84.0
13	8.0	83	19.0	153	0.8	223	74.3	293	34.0	363	72.5
14	2.1	84	11.1	154	13.2	224	6.4	294	38.7	364	62.0
15	13.6	85	4.8	155	4.6	225	74.5	295	14.8	365	91.3
16	8.5	86	1.4	156	6.6	226	45.1	296	31.0	366	87.4
17	6.8	87	29.0	157	36.1	227	4.6	297	59.1	367	75.0
18	1.7	88	17.0	158	38.3	228	39.5	298	70.2	368	68.2
19	1.2	89	3.9	159	25.9	229	61.7	299	81.1	369	78.0
20	8.8	90	4.4	160	11.9	230	83.3	300	45.5	370	83.5
21	8.1	91	1.5	161	6.5	231	79.2	301	63.0	371	77.5
22	3.4	92	28.1	162	2.4	232	22.3	302	59.5	372	86.5
23	26.8	93	24.3	163	76.2	233	52.8	303	72.4	373	89.7
24	4.4	94	8.9	164	75.5	234	5.0	304	65.4	374	76.7
25	3.7	95	5.0	165	74.1	235	49.7	305	75.2	375	83.0
26	5.4	96	1.6	166	7.7	236	4.2	306	96.6	376	82.2
27	1.1	97	68.7	167	5.7	237	6.6	307	64.7	377	64.0
28	19.4	98	79.5	168	9.2	238	12.7	308	39.2	378	80.5
29	18.7	99	7.4	169	2.8	239	62.3	309	20.9	379	87.9
30	13.4	100	47.6	170	6.8	240	69.3	310	41.5	380	79.6
31	4.6	101	86.3	171	5.9	241	42.8	311	91.8	381	85.3
32	12.8	102	83.0	172	18.1	242	71.5	312	80.8	382	88.0
33	3.5	103	25.4	173	4.2	243	24.2	313	83.5	383	73.5
34	71.6	104	9.3	174	25.4	244	3.0	314	69.8	384	93.6
35	41.7	105	1.0	175	48.2	245	11.6	315	74.5	385	96.2
36	15.9	106	3.2	176	43.6	246	69.0	316	61.1	386	81.5
37	8.8	107	2.9	177	12.2	247	91.6	317	72.0	387	79.7
38	3.0	108	27.2	178	2.4	248	49.8	318	76.7	388	84.2
39	6.1	109	33.1	179	75.9	249	11.3	319	84.2	389	67.8
40	7.3	110	13.9	180	75.1	250	4.0	320	81.7	390	63.5
41	46.8	111	3.2	181	76.1	251	33.0	321	69.9	391	76.2
42	22.7	112	2.3	182	77.3	252	24.2	322	15.4	392	94.1
43	15.9	113	0.6	183	75.0	253	7.2	323	19.0	393	87.0
44	6.2	114	67.7	184	23.6	254	72.9	324	74.3	394	84.4
45	欠測	115	84.1	185	93.1	255	28.2	325	97.8	395	34.7
46	0.5	116	9.0	186	7.5	256	52.2	326	61.1	396	80.4
47	8.1	117	67.8	187	13.3	257	70.6	327	51.5	397	84.3
48	0.8	118	84.3	188	34.2	258	9.1	328	66.9	398	79.1
49	4.8	119	97.5	189	14.3	259	70.3	329	72.0	399	89.6
50	33.0	120	4.9	190	77.3	260	64.6	330	80.0	400	80.3
51	11.6	121	2.7	191	28.0	261	84.2	331	71.1	平均	40.4
52	11.1	122	3.0	192	39.1	262	86.1	332	81.0	最大	97.8
53	8.0	123	7.0	193	32.8	263	27.1	333	23.9	最小	0.5
54	7.7	124	36.2	194	3.9	264	42.7	334	62.7		
55	35.1	125	30.8	195	1.4	265	6.1	335	13.6		
56	21.4	126	10.2	196	61.9	266	32.2	336	44.0		
57	1.9	127	8.9	197	77.3	267	7.0	337	0.6		
58	8.1	128	6.9	198	75.8	268	70.2	338	80.1		
59	1.0	129	2.0	199	82.9	269	71.0	339	96.0		
60	30.4	130	69.4	200	11.6	270	40.0	340	83.8		
61	22.8	131	79.9	201	4.3	271	66.4	341	58.0		
62	16.2	132	38.0	202	27.7	272	44.2	342	64.1		
63	10.6	133	75.9	203	3.1	273	61.5	343	70.4		
64	3.2	134	4.0	204	6.8	274	63.3	344	78.8		
65	28.3	135	5.4	205	17.6	275	80.0	345	75.1		
66	30.7	136	5.0	206	49.6	276	96.8	346	84.3		
67	1.2	137	9.0	207	33.4	277	45.4	347	84.1		
68	2.7	138	3.8	208	52.0	278	44.0	348	73.9		
69	1.9	139	7.9	209	52.5	279	27.1	349	81.6		
70	2.8	140	2.4	210	17.3	280	64.9	350	63.3		

表3 各地点におけるAVS

St	AVS(mg/g 乾泥)	St	AVS(mg/g 乾泥)	St	AVS(mg/g 乾泥)	St	AVS(mg/g 乾泥)	St	AVS(mg/g 乾泥)	St	AVS(mg/g 乾泥)
1	0.331	71	0.130	141	0.406	211	0.720	281	0.386	351	0.028
2	0.322	72	0.094	142	0.203	212	0.056	282	0.805	352	0.010
3	0.190	73	0.341	143	0.137	213	0.042	283	0.699	353	0.047
4	0.314	74	0.373	144	0.568	214	0.100	284	0.441	354	0.055
5	0.361	75	0.984	145	0.038	215	0.096	285	0.037	355	0.054
6	0.328	76	0.464	146	0.053	216	0.669	286	0.074	356	0.015
7	0.164	77	0.943	147	0.509	217	0.631	287	0.141	357	0.116
8	0.092	78	0.526	148	0.091	218	0.299	288	0.058	358	0.068
9	0.420	79	1.055	149	0.207	219	0.398	289	0.063	359	0.072
10	0.530	80	0.781	150	0.406	220	0.701	290	0.048	360	0.069
11	0.229	81	0.450	151	0.424	221	0.729	291	0.069	361	0.133
12	0.222	82	0.114	152	0.277	222	0.516	292	0.027	362	0.030
13	0.336	83	0.419	153	0.481	223	0.065	293	0.087	363	0.051
14	0.390	84	0.998	154	0.485	224	0.519	294	0.307	364	0.101
15	0.298	85	0.812	155	0.785	225	0.126	295	0.349	365	0.004
16	0.233	86	0.588	156	0.830	226	0.163	296	0.382	366	0.048
17	0.226	87	0.245	157	0.367	227	0.616	297	0.131	367	0.021
18	0.485	88	0.742	158	0.235	228	0.188	298	0.094	368	0.089
19	0.360	89	0.923	159	0.184	229	0.079	299	0.037	369	0.041
20	0.334	90	0.881	160	0.508	230	0.029	300	0.383	370	0.011
21	0.570	91	0.525	161	0.546	231	0.078	301	0.074	371	0.054
22	0.638	92	0.218	162	1.003	232	0.630	302	0.121	372	0.010
23	0.144	93	0.189	163	0.064	233	0.170	303	0.055	373	0.012
24	0.318	94	0.437	164	0.063	234	0.661	304	0.084	374	0.026
25	0.254	95	0.441	165	0.110	235	0.363	305	0.065	375	0.030
26	0.639	96	0.795	166	0.138	236	0.422	306	0.001	376	0.015
27	0.572	97	0.101	167	0.161	237	0.669	307	0.168	377	0.062
28	0.108	98	0.076	168	0.101	238	0.565	308	0.337	378	0.046
29	0.141	99	1.011	169	0.313	239	0.139	309	0.489	379	0.019
30	0.100	100	0.258	170	0.511	240	0.097	310	0.337	380	0.045
31	0.305	101	0.042	171	0.615	241	0.216	311	0.032	381	0.028
32	0.423	102	0.063	172	0.629	242	0.124	312	0.090	382	0.017
33	0.905	103	0.140	173	0.584	243	0.365	313	0.035	383	0.112
34	0.134	104	0.573	174	0.417	244	0.769	314	0.114	384	0.023
35	0.148	105	0.492	175	0.185	245	0.538	315	0.056	385	0.024
36	0.189	106	0.751	176	0.115	246	0.026	316	0.233	386	0.017
37	0.540	107	0.698	177	0.335	247	0.032	317	0.066	387	0.041
38	0.307	108	0.432	178	0.620	248	0.323	318	0.060	388	0.003
39	0.355	109	0.173	179	0.038	249	0.150	319	0.020	389	0.069
40	0.430	110	0.179	180	0.027	250	0.609	320	0.070	390	0.043
41	0.258	111	0.442	181	0.041	251	0.455	321	0.046	391	0.032
42	0.234	112	0.512	182	0.032	252	0.174	322	0.486	392	ND
43	0.051	113	0.411	183	0.060	253	0.610	323	0.365	393	0.017
44	0.338	114	0.087	184	0.326	254	0.049	324	0.053	394	0.043
45	0.132	115	0.119	185	0.103	255	0.610	325	0.001	395	0.260
46	0.116	116	0.607	186	0.932	256	0.190	326	0.116	396	0.100
47	0.498	117	0.077	187	0.374	257	0.071	327	0.150	397	0.054
48	1.013	118	0.034	188	0.269	258	0.266	328	0.082	398	0.015
49	0.582	119	0.001	189	0.473	259	0.051	329	0.065	399	0.048
50	0.138	120	0.208	190	0.035	260	0.058	330	0.031	400	0.015
51	0.203	121	0.470	191	0.348	261	0.083	331	0.153	平均	0.283
52	0.325	122	0.937	192	0.208	262	0.111	332	0.120	最大	1.055
53	0.336	123	0.848	193	0.155	263	0.488	333	0.037	最小	ND
54	0.572	124	0.362	194	0.500	264	0.223	334	0.130		
55	0.702	125	0.162	195	0.786	265	0.801	335	0.710		
56	0.206	126	0.422	196	0.114	266	0.319	336	0.260		
57	0.886	127	0.395	197	0.033	267	0.261	337	0.403		
58	0.719	128	0.360	198	0.080	268	0.155	338	0.075		
59	0.729	129	0.405	199	0.022	269	0.081	339	0.006		
60	0.400	130	0.108	200	0.407	270	0.175	340	0.016		
61	0.227	131	0.024	201	0.518	271	0.074	341	0.154		
62	0.132	132	0.321	202	0.505	272	0.176	342	0.153		
63	0.317	133	0.034	203	0.580	273	0.165	343	0.041		
64	0.865	134	0.024	204	0.499	274	0.173	344	0.033		
65	0.092	135	0.279	205	0.376	275	0.036	345	0.096		
66	0.246	136	0.014	206	0.278	276	0.004	346	0.025		
67	0.995	137	0.742	207	0.196	277	0.263	347	0.115		
68	0.729	138	0.547	208	0.134	278	0.102	348	0.054		
69	0.701	139	1.030	209	0.115	279	0.426	349	0.042		
70	0.394	140	0.610	210	0.345	280	0.079	350	0.232		

※ ND は検出限界
値未満を示す。

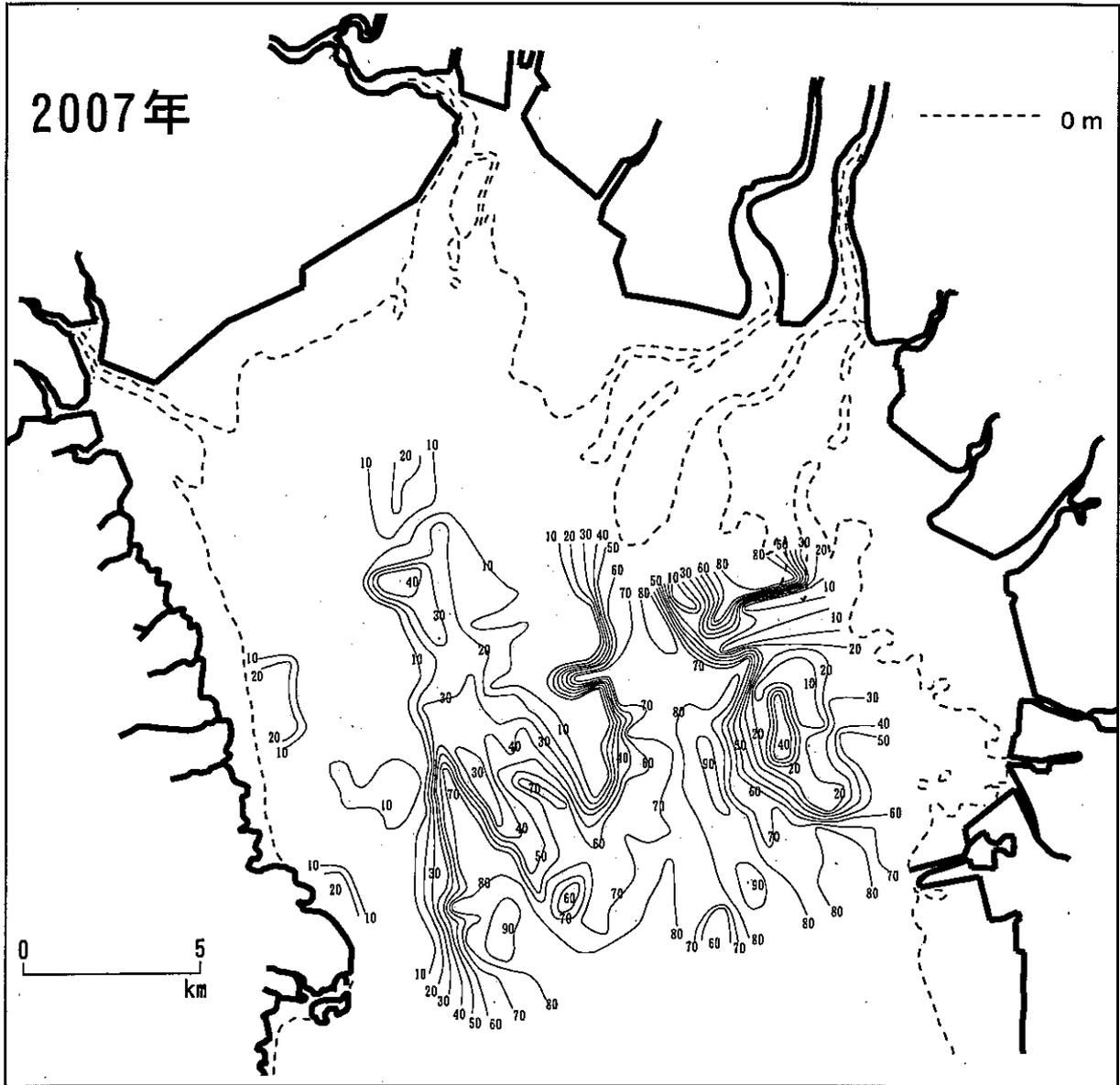


図3 砂分率の水平分布 (%)

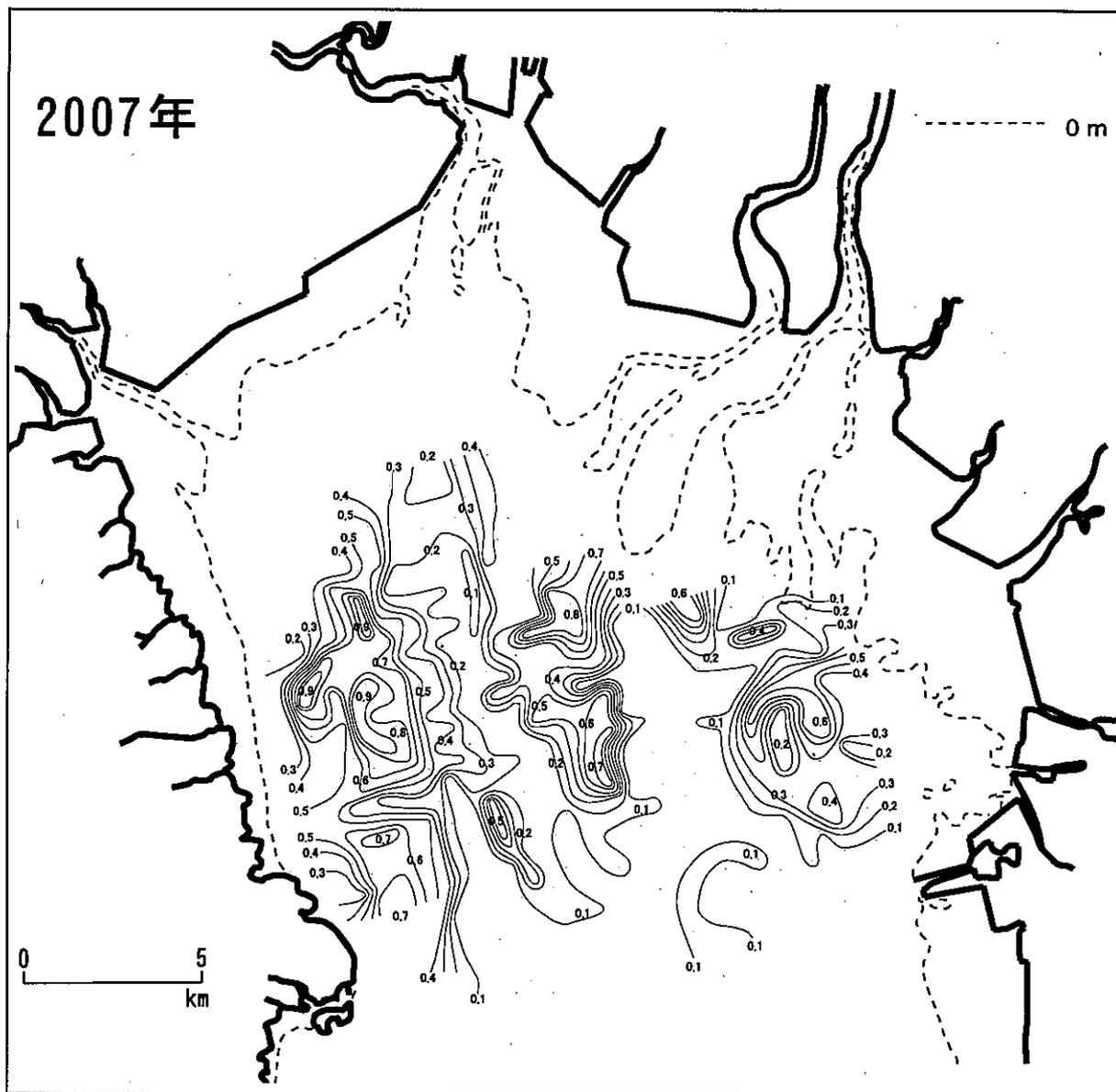


図4 AVSの水平分布 (mg/g 乾泥)

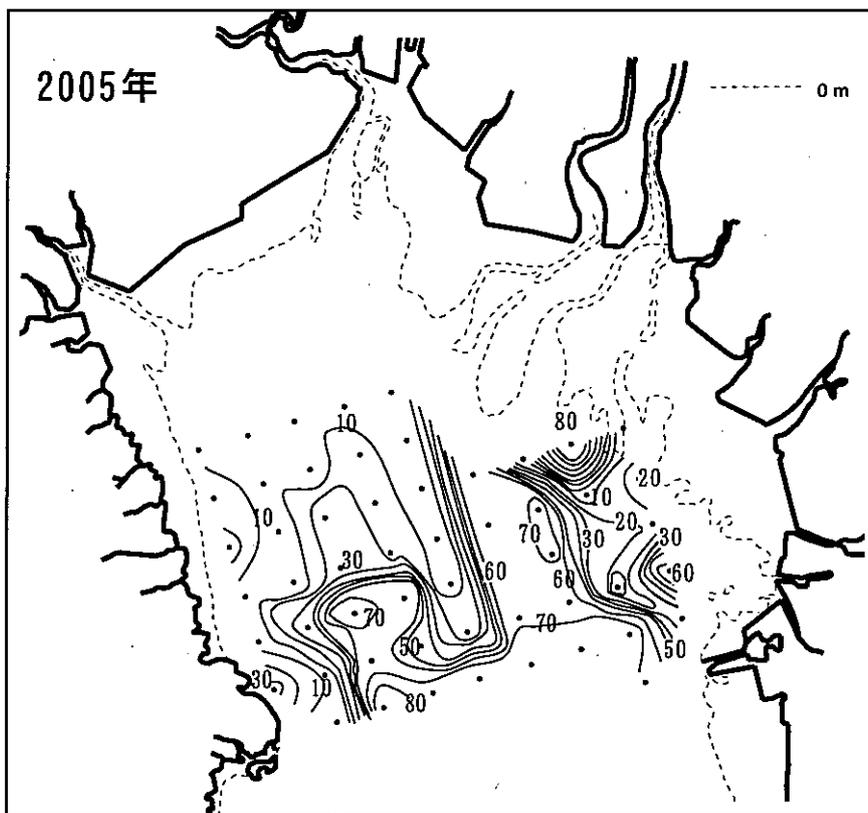


図5 砂分率の水平分布 (%) 55点調査

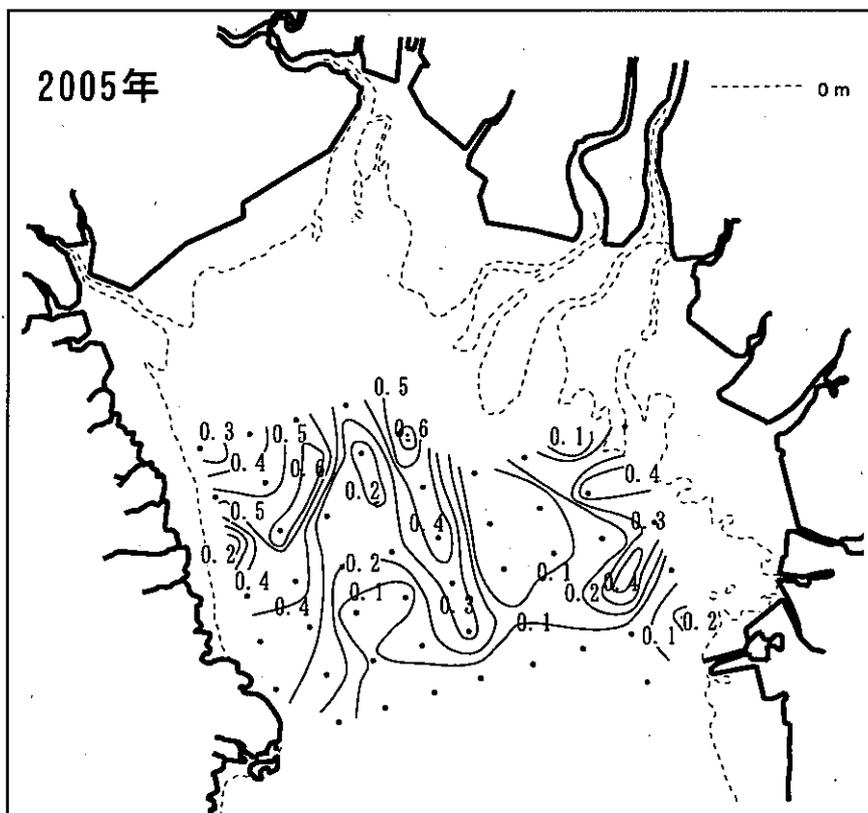


図6 AVSの水平分布 (mg/g 乾泥) 55点調査

浮泥等に含まれる硫化物の量には差があり、硫化物の量が多ければ AVS の値は大きくなり、硫化物の量が少なければ AVS の値は小さくなったと考えられた。

また、2000 年 55 点調査結果および 2005 年 55 点調査結果の砂分率と AVS の関係を図 8、9 に示した。

2000 年 55 点調査の砂分率と AVS の間には、 $y = 0.552e^{-0.036x}$ 、 $R^2 = 0.743$ の関係がみられ、2005 年 55 点調査の砂分率と AVS の間には、 $y = 0.537e^{-0.042x}$ 、 $R^2 = 0.758$ の関係がみられた。

なお、2000 年 55 点調査は砂分率 55% 以上の堆積物について、2005 年 55 点調査は砂分率 40% 以上の堆積物について、AVS は全て 0.2 mg/g 乾泥以下であった。

400 点調査結果と 2000 年 55 点調査結果および 2005 年 55 点調査結果は、調査地点数に差があるため、正確に比較することはできないが、砂分率と AVS の間には、同じような傾向の関係があると考えられた。

2. メガロベントス

メガロベントスとしては、タイラギ、ハボウキ、クマサルボウ、サルボウ等の二枚貝やモミジガイ、スナヒトデ、クモヒトデ等のヒトデ類、サンショウウニ等が生息していた(付表 1)。

1) タイラギ

タイラギ成貝および稚貝の生息分布を図 10、11 に示した。なお、タイラギ成貝は殻長 76.5 mm 以上、タイラギ稚貝は殻長 76.5 mm 未満として区別した。

タイラギ成貝は 400 点中 15 地点で生息していた。生息数は 1~16 個体/50 m² で、15 地点の総個体数は 61 個体(殻長 99.3~225.0 mm、重量 15.6~205.0 g)であった。生息海域はタイラギ造成漁場や峰ノ州等の砂分率が高い海域に分布しており、タイラギ造成漁場の St. 225 で 16 個体/50 m² と最も多く、平均殻長(16 個体)は 153.5 mm(殻長 127.0~174.0 mm)、平均重量(16 個体)は 62.9 g(重量 41.4~88.4 g)であった。

タイラギ稚貝は 400 点中 19 地点で生息していた。生息数は 1~73 個体/50 m² で、19 地点の総個体数は 216 個体(殻長 29.1~73.6 mm、重量 0.3~5.3 g)であった。生息海域は筑後川沖海底水道東部海域および峰ノ州東部や野崎ノ州周辺等の砂分率が高い海域に分布しており、特に、筑後川沖海底水道東部海域の St. 280 で 73 個体/50 m² と最も多く、平均殻長(30 個体)は 48.8 mm(殻長 37.8~56.6 mm)、平均重量(30 個体)は 1.5 g(重量 0.8~2.2 g)であった。

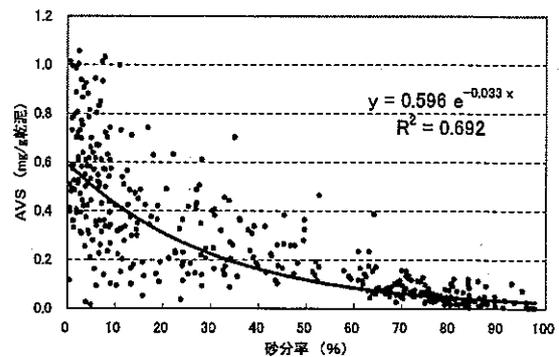


図 7 400 点調査における砂分率と AVS の関係

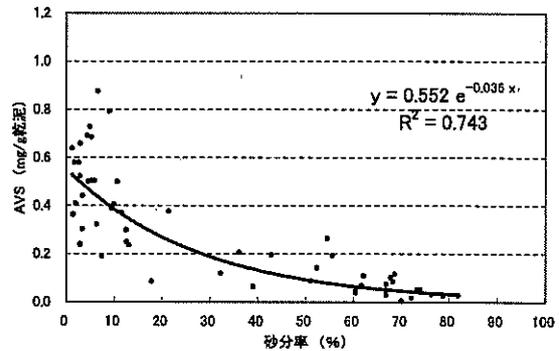


図 8 2000 年 55 点調査における砂分率と AVS の関係

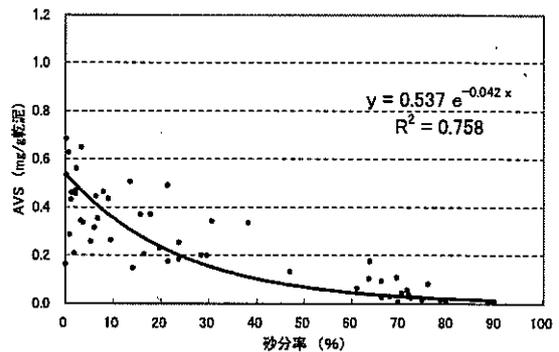


図 9 2005 年 55 点調査における砂分率と AVS の関係

2) ハボウキ

ハボウキの生息分布を図 12 に示した。

ハボウキは 400 点中 9 地点で生息していた。生息数は 1~10 個体/50 m² で、9 地点の総個体数は 29 個体(殻長 137.2~302.0 mm、重量 15.9~282.4 g)であった。生息海域は峰ノ州の砂分率が高い海域が殆どを占めていた。

3) クマサルボウ

クマサルボウの生息分布を図 13 に示した。

クマサルボウは 400 点中 14 地点で生息していた。生息数は 1~52 個体/50 m² で、14 地点の総個体数は 70 個体(殻長 2.5~116.3 mm、重量 0.07~582.5 g)であった。

生息海域は砂分率が比較的高い海域に分布していた。特に、筑後川河口沖合の砂分率が高い海域にクマサルボウの稚貝 (10mm 以下) が分布しており、St.118 で 52 個体/50 m² と最も多く、平均殻長 (20 個体) は 5.8mm (殻長 2.5~8.8mm)、平均重量 (7 個体) は 0.13g (重量 0.1~0.2g) であった。なお、クマサルボウの稚貝が生息していたのは 14 点中 4 地点 (St.102, 118, 119, 264) で、St.264 以外は全て筑後川河口沖合の砂分率が高い海域であった。

4) サルボウ

サルボウの生息分布を図 14 に示した。

サルボウは 400 点中 16 地点で生息していた。生息数は 1~26 個体/50 m² で、16 地点の総個体数は 118 個体 (殻長 14.5~46.3mm、重量 2.6~32.0g) であった。生息海域は筑後川河口沖合や峰ノ州の砂分率が高い海域および太良町沿岸の砂分率が低い海域にも若干分布していた。

5) その他

ヒトデ類 (モミジガイ、スナヒトデ、クモヒトデ)、サンショウウニ、コケガラスの生息分布を図 15~19 に示した。

ヒトデ類やサンショウウニは砂分率が比較的高い海域に分布していた。コケガラスは峰ノ州東部の砂分率が高い海域に殆ど集中して分布していた。

その他、日本では有明海にしか生息せず、最近では殆どみられないオオシャミセンガイ (特産種) が野崎ノ州周辺で 2 個体みられた。

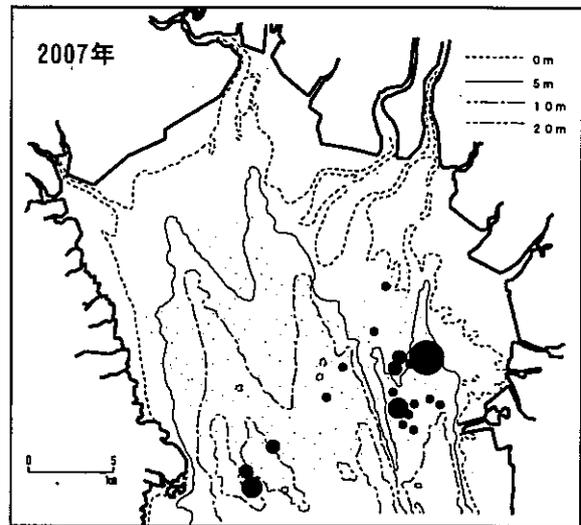


図 11 タイラギ稚貝の生息分布

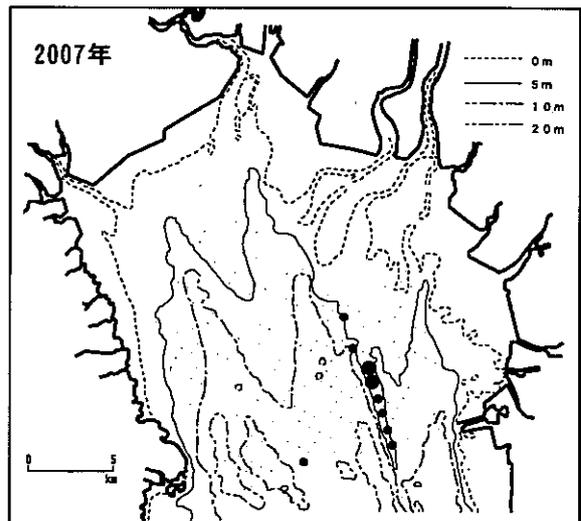


図 12 ハボウキの生息分布

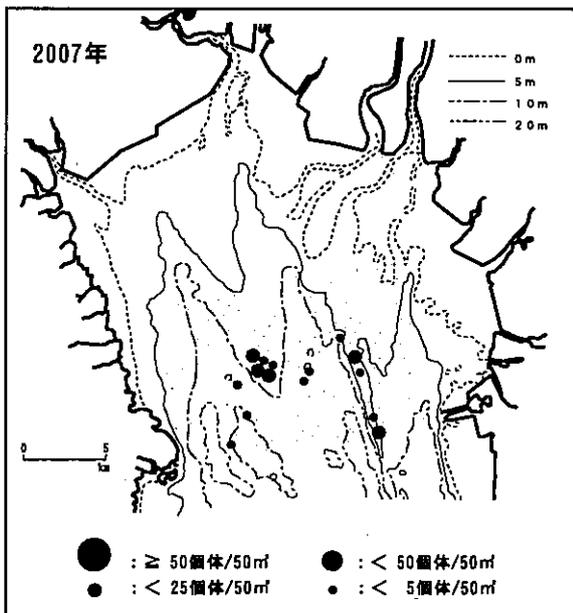


図 10 タイラギ成貝の生息分布

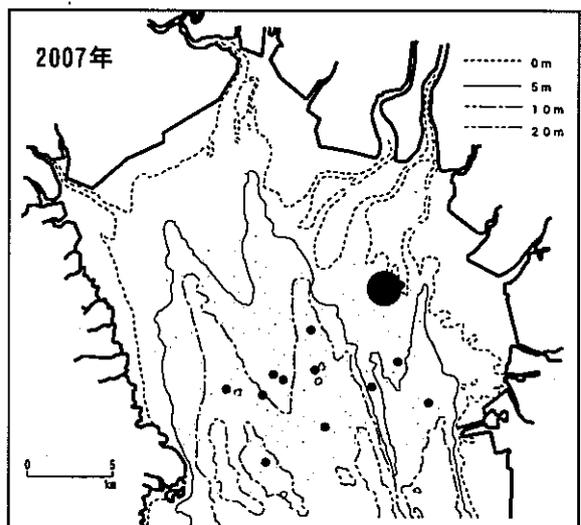


図 13 クマサルボウの生息分布

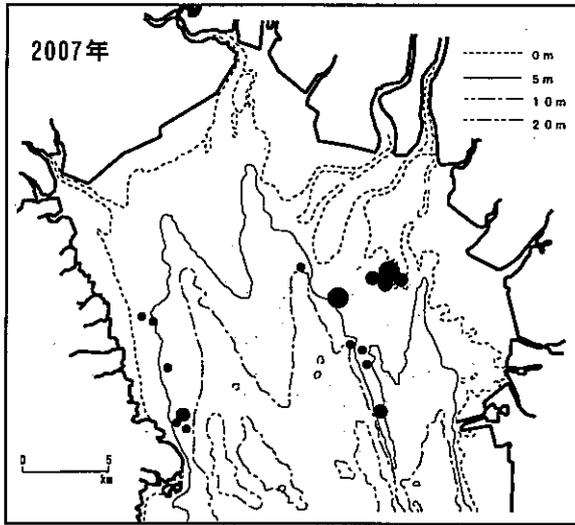


図14 サルボウの生息分布

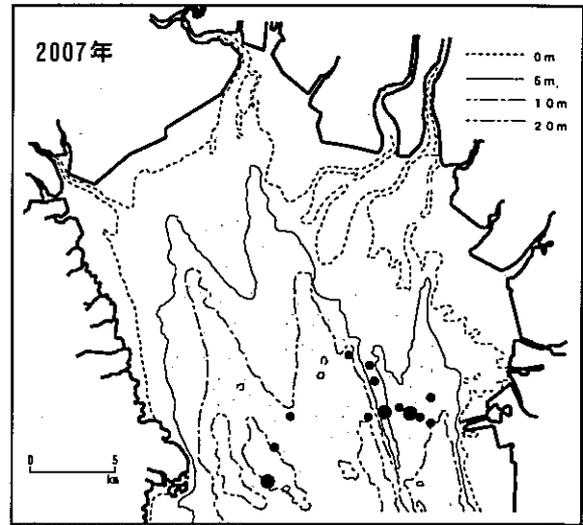


図17 クモヒトデの生息分布

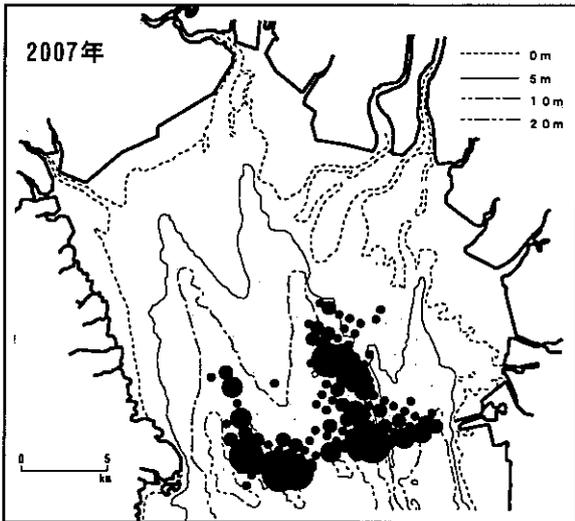


図15 モミジガイの生息分布

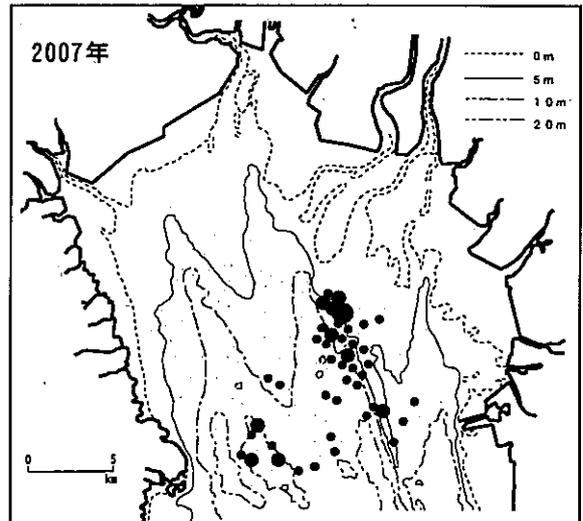


図18 サンショウウニの生息分布

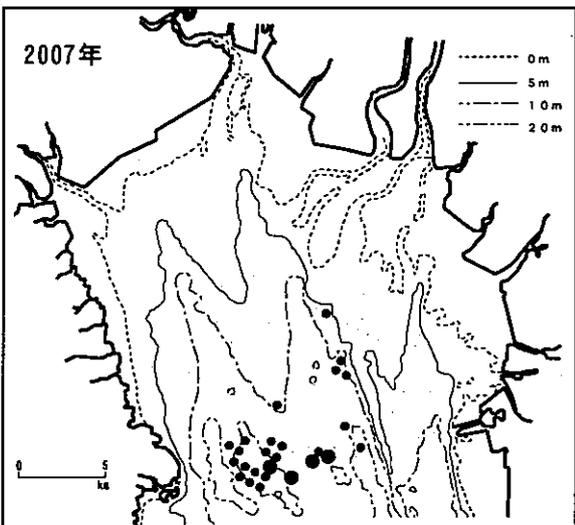


図16 スナヒトデの生息分布

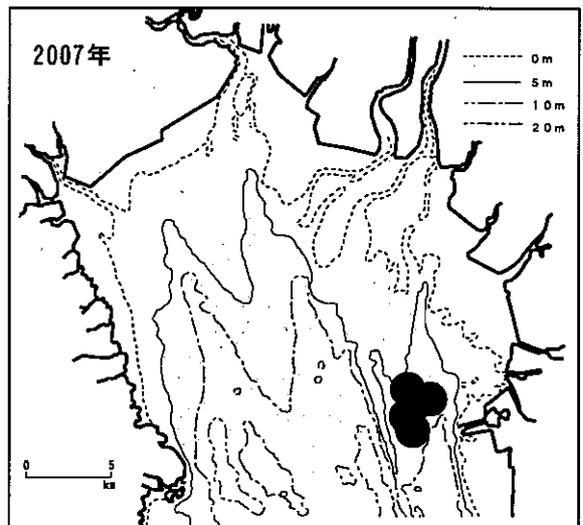


図19 コケガラスの生息分布

3. 重要貝類の出現量と底質環境との関係

1) タイラギ出現量と底質環境との関係

(1) 砂分率

タイラギ出現量と400点調査結果の砂分率の関係を図20に示した。

タイラギ成貝(総個体数:61個体)の出現した砂分率は34.0~89.7%, タイラギ稚貝(総個体数:216個体)の出現した砂分率は27.1~84.3%であった。また、タイラギ成貝の最も多かったタイラギ造成漁場のSt.225(16個体/50㎡)の砂分率は74.5%, タイラギ稚貝の最も多かった筑後川沖海底水道東部海域のSt.280(73個体/50㎡)の砂分率は64.9%であった。

出現総個体数に差があるため、正確に比較することはできないが、全体としてはタイラギ成貝はタイラギ稚貝より砂分率がやや高い底質に分布していたと考えられた。

(2) AVS

タイラギ出現量と400点調査結果のAVSの関係を図21に示した。

タイラギ成貝の出現したAVSは0.012~0.208mg/g乾泥, タイラギ稚貝の出現したAVSは0.016~0.426mg/g乾泥であった。また、タイラギ成貝の最も多かったタイラギ造成漁場のSt.225のAVSは0.126mg/g乾泥, タイラギ稚貝の最も多かった筑後川沖海底水道東部海域のSt.280のAVSは0.079mg/g乾泥であった。

出現総個体数に差があるため、正確に比較することはできないが、全体としてはタイラギ成貝はタイラギ稚貝よりAVSがやや低い底質に分布していたと考えられた。ただし、タイラギ成貝の最も多かったSt.225のAVSの値は、タイラギ稚貝の最も多かったSt.280のAVSの値より0.047mg/g乾泥高かった。

2) クマサルボウ出現量と底質環境との関係

(1) 砂分率

クマサルボウ出現量と400点調査結果の砂分率の関係を図22に示した。

クマサルボウ(総個体数:70個体)の出現した砂分率は34.0~97.5%であった。また、クマサルボウの最も多かった筑後川河口沖合のSt.118(52個体/50㎡)の砂分率は84.3%で、全てクマサルボウの稚貝であった。なお、クマサルボウの稚貝が出現していたSt.102(2個体/50㎡)の砂分率は83.0%, St.119(3個体/50㎡)の砂分率は97.5%, St.264(1個体/50㎡)の砂分率は42.7%であった。

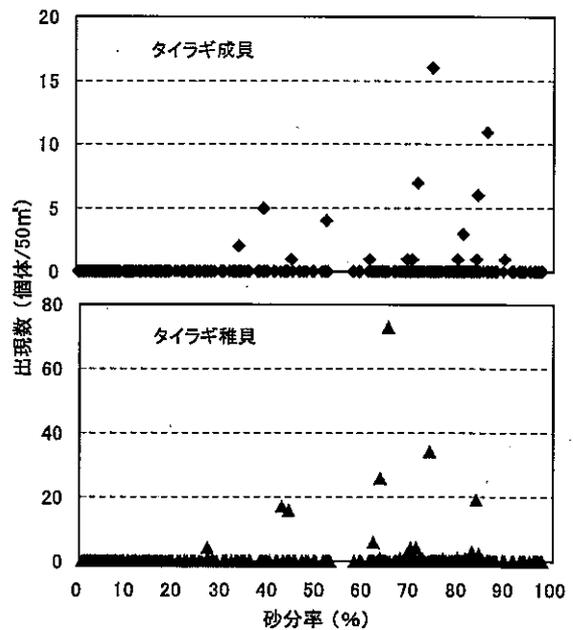


図20 タイラギ出現量と砂分率

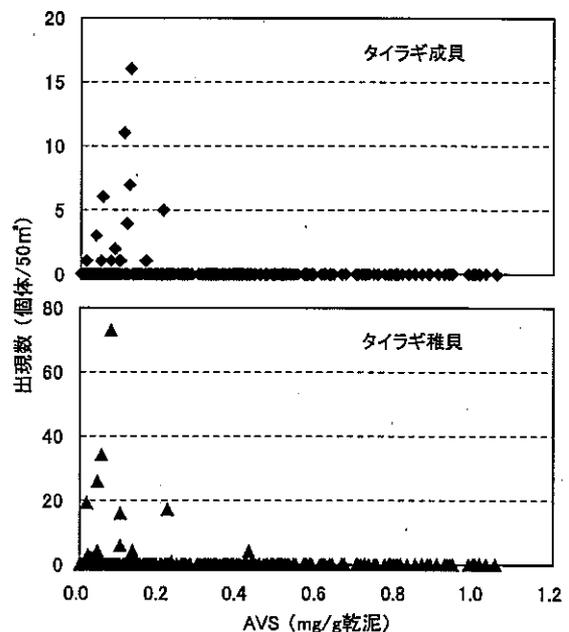


図21 タイラギ出現量とAVS

(2) AVS

クマサルボウ出現量と400点調査結果のAVSの関係を図23に示した。

クマサルボウの出現したAVSは0.001~0.278mg/g乾泥であった。また、クマサルボウの最も多かった筑後川河口沖合のSt.118(全て稚貝)のAVSは0.034mg/g乾泥であった。なお、クマサルボウの稚貝が出現していたSt.102のAVSは0.063mg/g乾泥, St.119のAVSは0.001mg/g乾泥, St.264のAVSは0.223mg/g乾泥

であった。

3) サルボウ出現量と底質環境との関係

(1) 砂分率

サルボウ出現量と400点調査結果の砂分率の関係を図24に示した。

サルボウ(総個体数:118個体)の出現した砂分率は4.2~97.5%であった。また、サルボウの最も多かった筑後川河口沖合西部のSt.115(26個体/50㎡)の砂分率は84.1%であった。

(2) AVS

2007年400点調査結果のAVSとサルボウ出現量の関係を図25に示した。

サルボウの出現したAVSは0.001~0.742mg/g乾泥であった。また、サルボウの最も多かった筑後川河口沖合西部のSt.115のAVSは0.119mg/g乾泥であった。

4. まとめ

2007年の400点調査結果では、砂分率およびAVSの水平分布の傾向は、2005年55点調査結果とほとんど変わらなかったが、400点調査の西部海域で、AVSが0.7mg/g乾泥以上の高い値の堆積物の分布がみられた。また、メガロベントスについては、サルボウ以外のタイラギ、ハボウキ、クマサルボウ、ヒトデ類、サンショウウニ、コケガラスは砂分率が比較的高い海域に分布がみられた。なお、砂分率65%以上の堆積物については、AVSは全て0.2mg/g乾泥以下であり、砂分率が高くなる程、AVSは低くなる傾向にあるため、これらはAVSが比較的低い海域に分布していたといえる。

一方、同じ砂分率の底質でも、海域によってタイラギやクマサルボウ等の生息数に差がみられた。特に、タイラギ稚貝は筑後川沖海底水道東部海域のSt.280(砂分率64.9%)で73個体/50㎡と最も多く、クマサルボウの稚貝は筑後川河口沖合のSt.118(砂分率84.3%)で52個体/50㎡と最も多かった。これは同じ砂分率の底質であっても、タイラギやクマサルボウの稚貝が生息するための底質環境に、好適・不適条件が存在した可能性が考えられた。特に、クマサルボウの稚貝が、筑後川河口沖合の砂分率が高いSt.118で最も多く、殆どこの海域に集中していたのは、筑後川河口沖合の砂分率が高い底質が、クマサルボウの稚貝が生息するための好適な底質環境条件を満たしていたことを示唆した。

以上のことから、今後はタイラギ等の生息環境に適した条件の海域を、更に詳細に調査・解析し、それらの結果に基づいた海底耕耘、或いは覆砂等を広範囲に実施し

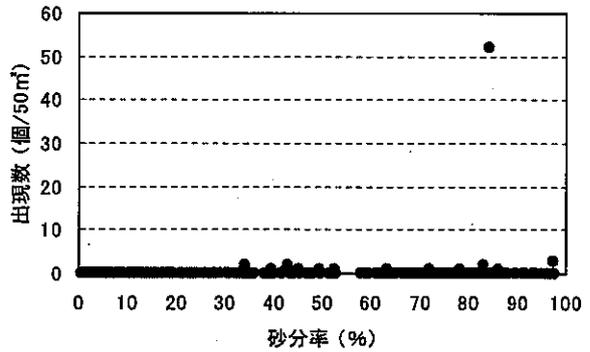


図22 クマサルボウ出現量と砂分率

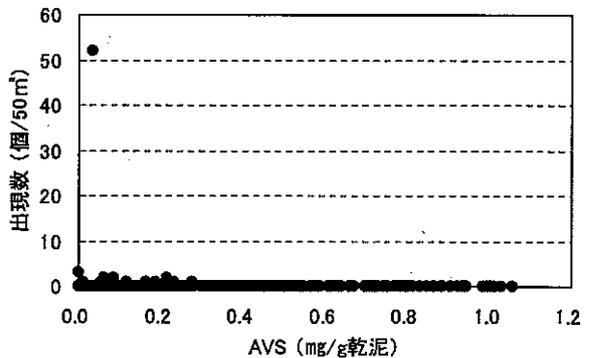


図23 クマサルボウ出現量とAVS

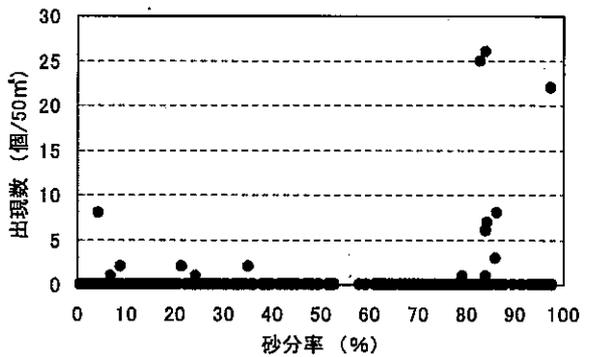


図24 サルボウ出現量と砂分率

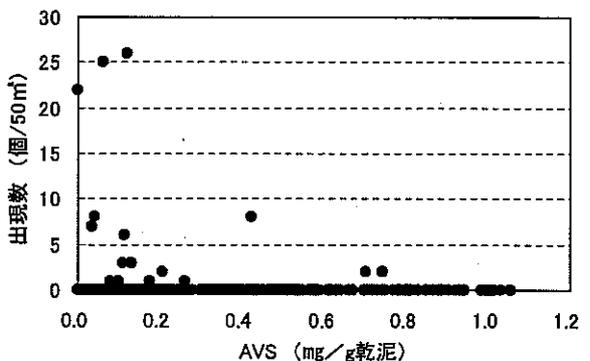


図25 サルボウ出現量とAVS

て、生物（ベントス）が自然的に発生し、生育していた底質環境（有明海本来の底質環境）に、少しでも早く近づけていくことが、有明海の資源回復にとって必要不可欠であると考えます。また、このような積極的な底質環境改善への取組が、タイラギ等が再生復活するための最善の方法であると考えます。

文 献

- 1) 大隈 斉・江口泰蔵・川原逸朗・伊藤史郎（2001）：有明海湾奥部の底質およびマクロベントス。佐有水研報，(20)，55-62.
- 2) 古賀秀昭（1991）：有明海北西海域の底質および底生生物。佐有水研報，(13)，57-79.
- 3) 伊藤史郎（2004）：有明海における水産資源の現状と再生。佐有水研報，(22)，69-80.
- 4) 藤崎 博・大隈 斉・山口忠則・有吉敏和（2007）：有明海湾奥部の底質。佐有水研報，(23)，37-40.

付表1 メガロベントス生息状況

(単位:個/50m²)

St.	26	45	55	56	63	71	81	91	98	101	102	110	112	114	115	118	119	131	137	146	148	155	161	163	164	
タイラギ成貝																										
タイラギ稚貝																2										
ハボウキ																							1			
クマサルボウ										2						52	3				1					
サルボウ		3	2	2					8	25					26	7	22			2						
アサリ																										
マガキ																										
スミノエガキ																1										
イタボガキ						1																				
ウミタケ																					1					1
イボニシ							1																			
オオシャミセンガイ																										
コケガラス																										
カラスガイ										25																
ホトトギスガイ															1	6	18									
その他の貝類																							1			
モミジガイ														1					13		1	1				6
スナヒトデ																			2							
クモヒトデ																										
イトマキヒトデ																										
その他のヒトデ類																										
アカシタビラメ								1																	1	
イイダコ	1				1											1	1	1								
サンショウウニ									2					18	11			11			29				2	5
ヤドカリ類																										
イシガニ																										
シマイシガニ																										
その他のカニ類																										
クロナマコ																										
ウミウシ																										
ボウズボヤ																										
ウミエラ類																										
ホシムシ類												1	1													

(単位:個/50m²)

St.	165	167	173	179	180	181	182	183	189	190	192	196	197	198	199	206	209	213	214	216	223	225	226	228	229	
タイラギ成貝										5							4		1			16		1		
タイラギ稚貝															3											
ハボウキ																				4						
クマサルボウ																1	1							1	1	
サルボウ																				1						
アサリ																				1						
マガキ																										
スミノエガキ																										
イタボガキ																										
ウミタケ				1																				2		
イボニシ																										
オオシャミセンガイ																										
コケガラス																										
カラスガイ																										
ホトトギスガイ																										
その他の貝類																										
モミジガイ	1	1		13	9	3	3	1	1	6		6	5	4				1	4		49			1	68	
スナヒトデ																										
クモヒトデ																										
イトマキヒトデ																										
その他のヒトデ類																										
アカシタビラメ																										
イイダコ																										
サンショウウニ				1	8	1	1	2				2	2						2			1			5	
ヤドカリ類																										
イシガニ																										
シマイシガニ																										
その他のカニ類																										
クロナマコ																										
ウミウシ																										
ボウズボヤ																										
ウミエラ類																					1					
ホシムシ類																										

付表1 メガロベントス生息状況

(単位:個/50m)

	St. 230	231	236	239	240	241	242	244	246	247	248	252	254	259	260	261	262	263	264	267	271	273	274	275	276
タイラギ成貝					1		7							1		11						1			
タイラギ稚貝									2										17						
ハボウキ																	10								
クマサルボウ						2													1						
サルボウ		1	8									1					3			1					
アサリ																	1								
マガキ																									
スミノエガキ																									
イタボガキ				1																					
ウミタケ																									
イボニシ																									
オオシャミセンガイ																									
コケガラス																									
カラスガイ																									
ホトトギスガイ																									
その他の貝類																								1	
モミジガイ	45						1		18	6	1		5		5	14	4					2	21	35	
スナヒトデ	2								1							2					2				
クモヒトデ	1																2								
イトマキヒトデ																									
その他のヒトデ類																									
アカシタピラメ																									
イイダコ																									
サンショウウニ	21	1					2		4							2	2							2	1
ヤドカリ類																									1
イシガニ																									
シマイシガニ																									
その他のカニ類																									
クロナマコ																									
ウミウシ																									
ボウズボヤ																									2
ウミエラ類																			2						
ホシムシ類								3																	

(単位:個/50m)

	St. 278	279	280	284	285	290	291	292	293	299	300	301	303	304	306	307	311	312	316	317	318	320	321	322	324	
タイラギ成貝									2	3																
タイラギ稚貝	16	4	73			1																		4		
ハボウキ									5														2			
クマサルボウ									2																	
サルボウ																										
アサリ																										
マガキ													6													
スミノエガキ																										
イタボガキ																										
ウミタケ																										
イボニシ																										
オオシャミセンガイ										1																
コケガラス																									70	
カラスガイ																										
ホトトギスガイ																										
その他の貝類																										
モミジガイ			5	28	1	13	25	4					3	2	40		6	10		1	10	1			13	
スナヒトデ																		2	5							5
クモヒトデ									4			3														
イトマキヒトデ																										
その他のヒトデ類																										
アカシタピラメ																										
イイダコ			1																	1						
サンショウウニ						1		2		10				1					1							
ヤドカリ類																										
イシガニ																										
シマイシガニ																										
その他のカニ類																										
クロナマコ																										
ウミウシ																										
ボウズボヤ																										
ウミエラ類					7		1			1	1					4				1	3					
ホシムシ類																										

付表1 メガロベントス生息状況

(単位:個/50m)

	St. 325	326	329	331	332	333	338	339	340	341	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357
タイラギ成貝							1																		
タイラギ稚貝									19							34	1	1							
ハボウキ															2										
クマサルボウ				1															1		1				
サルボウ															6										
アサリ																									
マガキ																									
スミノエガキ																									
イタボガキ																									
ウミタケ																									
イボニシ															1										
オオシャミセンガイ																									
コケガラス																1	156	70							
カラスガイ																									
ホトトギスガイ																									
その他の貝類																									
モミジガイ	9			30	3	2	19	18	3	6	3	23	16	22	14	1	3		60		1	6	2	1	2
スナヒトデ		4					5		2	1			1						5		3				
クモヒトデ									4					1	12	1			1						
イトマキヒトデ																				1					
その他のヒトデ類																									
アカシタビラメ																									
イイダコ																			1						
サンショウウニ					2		2		1					2	16		3		12					1	
ヤドカリ類																									
イシガニ																									
シマイシガニ																									
その他のカニ類						4								1			1								
クロナマコ									1																
ウミウシ																									
ボウズボヤ																									
ウミエラ類						2					2					2		4						1	
ホシムシ類									2																

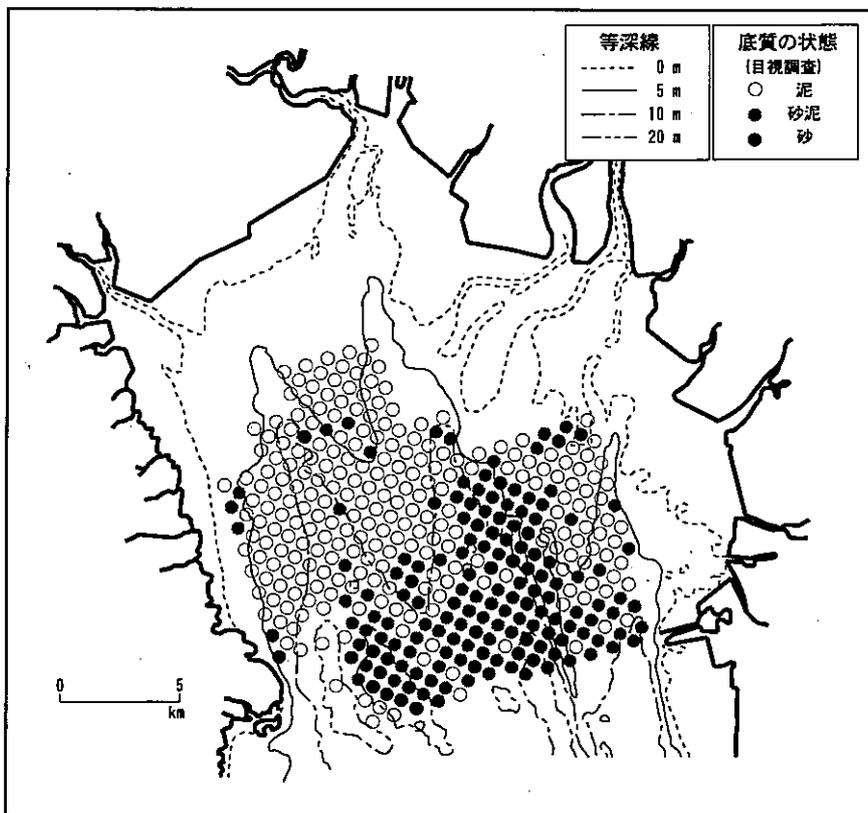
(単位:個/50m)

	St. 358	361	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	
タイラギ成貝														1												
タイラギ稚貝		4	1	6										1												
ハボウキ													2							1						
クマサルボウ																					1					
サルボウ																										
アサリ																										
マガキ																										
スミノエガキ																										
イタボガキ																										
ウミタケ																										
イボニシ																										
オオシャミセンガイ						1																				
コケガラス		62														12										
カラスガイ																										
ホトトギスガイ																										
その他の貝類																										
モミジガイ	4	2		2	49	37	24	4	51	3	7	29	8	6	1	1	4	14	2	14	5	35	6	16	15	
スナヒトデ				1	4	6			1								3	1			9	6		1		
クモヒトデ		16															1									
イトマキヒトデ																										
その他のヒトデ類		1																3							3	
アカシタビラメ																										
イイダコ																1										
サンショウウニ						7								2								1				
ヤドカリ類																										
イシガニ																										
シマイシガニ		1																								
その他のカニ類																										
クロナマコ																										
ウミウシ		5																								
ボウズボヤ																										
ウミエラ類												4														
ホシムシ類																										

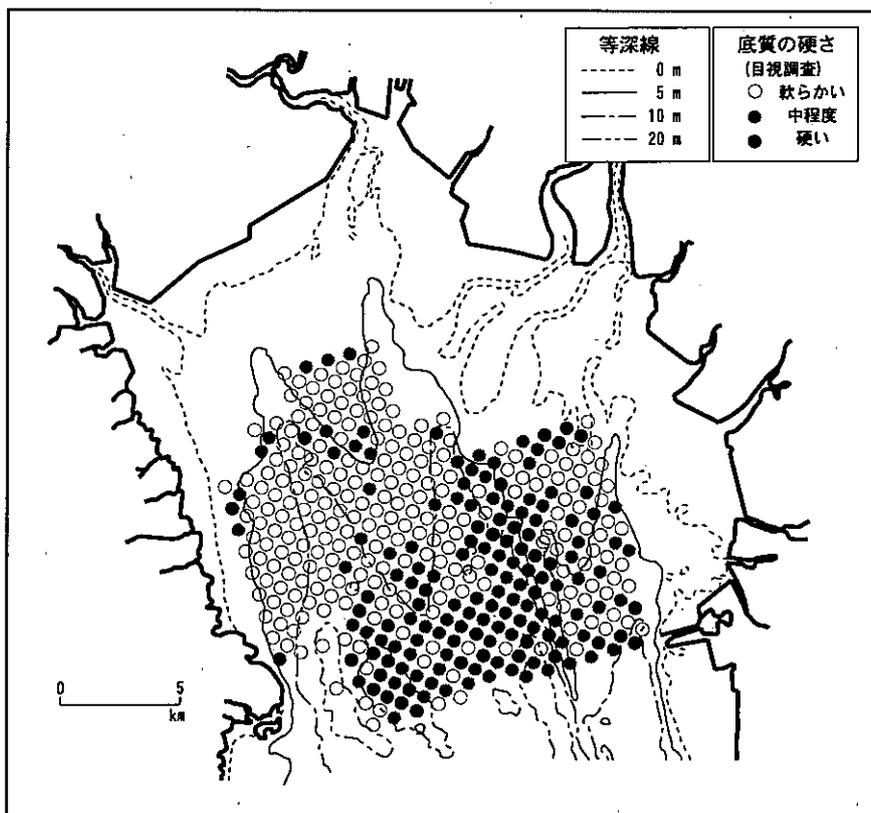
付表1 メガロベントス生息状況

(単位:個/50m)

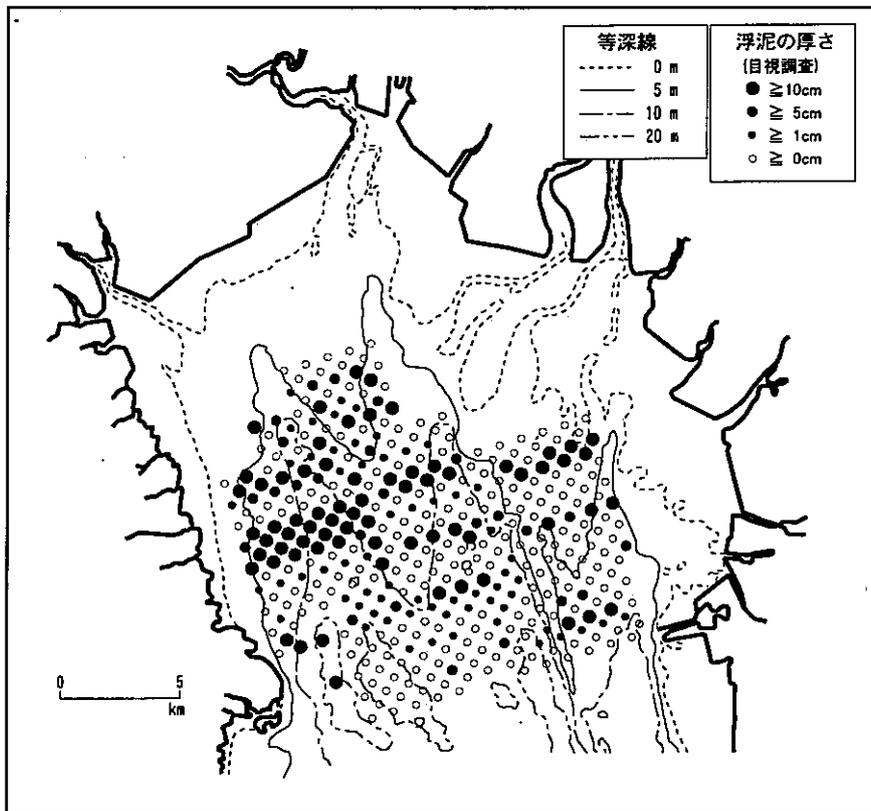
	St.	386	387	388	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	総個体数
タイラギ成貝												6				61
タイラギ稚貝			1		26											216
ハボウキ												2				29
クマサルボウ																70
サルボウ																118
アサリ																2
マガキ																6
スミノエガキ																1
イタボガキ																2
ウミタケ																5
イボニシ																2
オオシヤミセンガイ																2
コケガラス			108											1		480
カラスガイ																25
ホトトギスガイ																25
その他の貝類															1	3
モミジガイ		3	1	6	1		52	51	10	26	51	21	36	40	6	1,404
スナヒトデ						1		13								88
クモヒトデ				3		23										72
イトマキヒトデ														3	1	5
その他のヒトデ類		2	1	9								3				22
アカシタビラメ																2
イイダコ				1											1	11
サンショウウニ								5	1			1				209
ヤドカリ類																1
イシガニ						1										1
シマイシガニ																1
その他のカニ類											1					7
クロナマコ																1
ウミウシ																5
ボウズボヤ																2
ウミエラ類						1					1					38
ホシムシ類																7



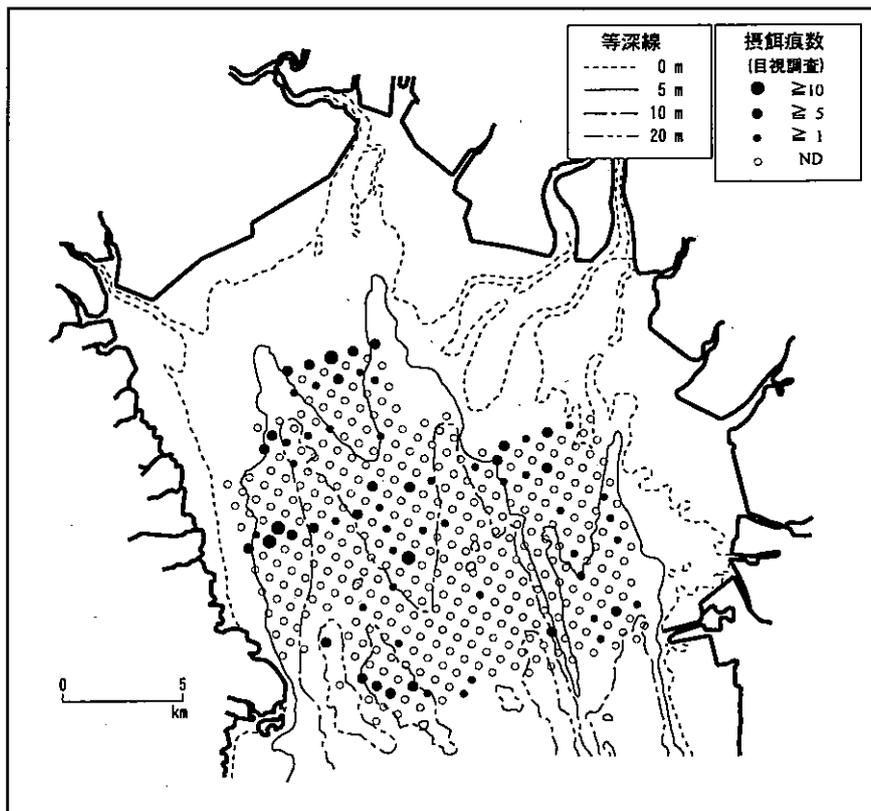
付図1 400点調査 目視による底質の状態の水平分布



付図2 400点調査 目視による底質の硬さの水平分布



付図3 400点調査 目視による浮泥の厚さの水平分布



付図4 400点調査 目視によるナルトビエ接餌痕の水平分布

(ノート)

有明海佐賀県沿岸域の底質環境と底生生物
(マクロベントス) 発生の経年的変化

梅田智樹*・伊賀田邦義*

Change of the Bottom Environment and Distribution of Macrobenthos
through Years in Saga Shore Area Ariake Sea

Tomoki UMEMA and Kuniyoshi IGATA

はじめに

佐賀県有明水産振興センター（以下、当センター）では、1980年度から有明海佐賀県海域の沿岸域において底質環境モニタリング調査を行い、底質とマクロベントスに関するデータの蓄積を行ってきた。近年、有明海湾奥部においては貧酸素水塊の発生とともに底質の悪化が問題となっていることから、当センターで蓄積されている上記データを取りまとめ、底質の経年変化とマクロベントスの出現動向について検討したので報告する。

材料および方法

1. 底質

1) 採取地点と採取期間および頻度

今回、用いたデータは、当センターの10定点のモニタリング地点 (St.1~10) のうち St.3, 4, 6, 8, 10 の5地点で得られたものである (図1)。期間は1980~2005年度であるが、採取頻度は1980~1992年度までは春季 (5月)、夏季 (おもに8月)、秋季 (主に11月)、冬季 (2月) の年4回、1993年度以降は、12, 1, 3月を加えた年7回である。

2) 採取方法

底泥は、エクマン・バージ型採泥器により採取した後、表層約5cmをポリ容器に入れ密封し実験室へ持ち帰った。なお、St.3ではエクマン・バージ型採泥器が使えなかったためSKドレッジ (2.5L) を使用した。底泥の試料は、粒径2mm以上の貝殻等を除いた後よく攪拌して、原則として当日のうちに分析に供した。当日分析できな

かった分析項目は、容器を密閉して冷蔵もしくは冷凍保存し、後日分析に供した。

3) 分析項目および分析方法

今回の分析項目は、中央粒径値 (以下、Md φ)、泥分含有率 (以下、MC)、化学的酸素要求量 (以下、COD)、強熱減量 (以下、IL)、酸揮発性硫化物 (以下、AVS) の5項目とした。各項目の分析方法は以下のとおりである。なお、Md φは1989年度以降、MCは1993年度以降の分析項目として追加した。

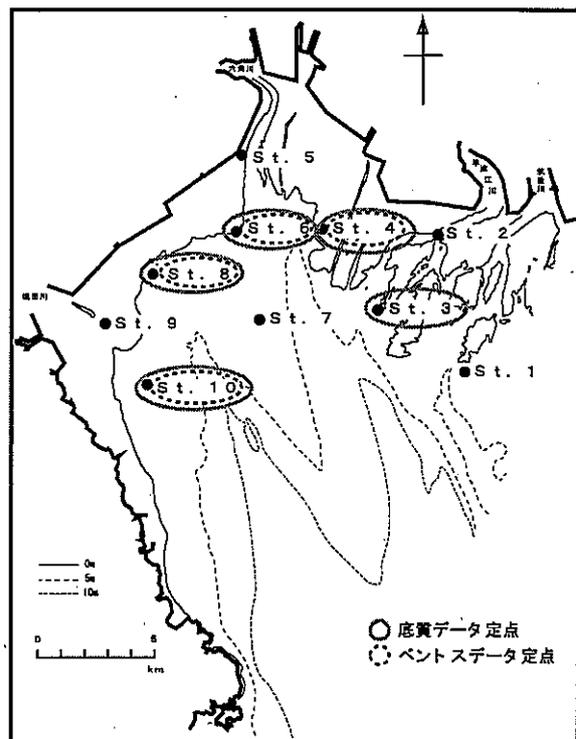


図1 底質・ベントス調査定点

*: 現在、玄海水産振興センター

(1) Md φ

篩い法 (1, 0.5, 0.25, 0.125, 0.063mmの5種類の篩い) と島津 SA-CP3L 遠心沈降式粒度分布測定装置による測定を併用した。

(2) MC

篩い法 (篩い目は Md φ と同じ) によった。

(3) AVS

ガス検知管法によった。

(4) COD

アルカリ性過マンガン酸カリウム法「新編水質汚濁調査指針 (1980年)」によった。

(5) IL

貝殻の影響を考慮して 550℃・1時間で行った。

また、底質の評価に当たっては、上記5項目以外に、易分解性有機物の指標である COD と難分解性有機物の指標である IL の比 (以下、C/I 値)、および次式により算出 (水産用水基準 2005年版) される合成指標③式、④式も用いた。

$$\text{合成指標③式} = 0.582(\text{COD}-20.9)/15.4 + 0.568 \\ \times (\text{AVS}-0.51)/0.60 + 0.580(\text{MC}-64.9)/30.5$$

$$\text{合成指標④式} = 0.588(\text{IL}-7.99)/4.52 + 0.559 \\ \times (\text{AVS}-0.51)/0.60 + 0.584(\text{MC}-64.9)/30.5$$

合成指標は、海水の交換が制限され、有機物の負荷量が多く、夏季に成層が発達し易い閉鎖性の海域の有機物汚染の程度を評価する際に用いられ、表1 (水産用水基準 2005年版) に従い評価した。

表1 合成指標の判断基準

判断基準	合成指標	底層水の DO (mg/L)
正常な底質	負の値	4.3 mg/L 以上
汚染された底質	正の値	4.3 mg/L 以下

(水産用水基準 2005年)

2. マクロベントス

1) 採取地点と採取期間および頻度

今回用いたデータは、当センターの10定点のモニタリング地点のうち St.4, 6, 8, 10 の4地点で得られたものである (図1)。期間は1990~2005年度で、頻度は春季 (5月)、夏季 (おもに8月) の年2回である。

2) 採取方法

船上よりエクマン・バージ型採泥器 (採泥面積 0.0225 m²) を用いて、表層泥を4回採取し、全量を1.0mm目で篩った。篩いに残った試料をポリ容器に移し、直ちに10%ホルマリンで固定し分析試料とした。

3) 分析方法

試料中から目視もしくは実体顕微鏡下で底生生物を選別した。選別した底生生物については、実体顕微鏡および生物顕微鏡を用いて、貝類、棘皮類、甲殻類、多毛類等に分類し、各分類群の個体数と、汚染指標種としてヨツバネスピオ (A型およびB型)、シズクガイ、チノノハナガイの個体数を計数した。

結 果

1. 底質

1) 各分析項目の結果

(1) Md φ

経年変化を図2に示した。

St.3では2前後で、安定している。St.4は他の定点より変動が大きい、平均5.5前後で推移している。St.6, St.8, 10は7をやや上回る値で比較的安定している。

(2) MC

経年変化を図3に示した。

St.3では2000年以降は若干増加傾向にある。St.4はMd φと同様に他の定点よりも変動が大きく、1990年代前半は50%前後で推移していたが、1990年代後半から増加傾向がみられ、2004年以降は減少している。St.6, St.8, 10では調査開始以降ほぼ100%で推移している。

(3) AVS

経年変化を図4に示した。

St.3では平均0.017mg/gDM、St.4では時おり水産用水基準の0.20mg/gDMを超えることがあったが、平均では0.069mg/gDMと低く、全体としては変動も小さい。St.6, 8, 10では調査開始以降たびたび水産用水基準を超える値がみれ、かなり大きな変動を示しながら推移し、平均でも0.30~0.50mg/gDMと高い。

(4) COD

経年変化を図5に示した。

St.3では2~3mg/gDMで安定している。St.4では10mg/gDM前後で推移しているが、1990年代後半以降はMCの増加に伴い、やや増加傾向がみられている。St.6, St.8, 10では水産用水基準 (20mg/gDM) 前後で推移していたが、2000年度以降は増加傾向にある。

(5) IL

経年変化を図6に示した。

St.3では3%前後で安定している。St.4は変動はあるものの平均すると6.5%程度で推移している。St.6, 8, 10も変動はあるものの10~15%で推移している。

2) C/I 値および合成指標による底質の評価

(1) C/I 値

経年変化を図7に示した。

C/I 値は自浄能力を表す指標として用いられ、自家汚染が進んだ魚類養殖場の底質では2以上を示すことがある。

St.3では2を超えることなく推移しているが、St.4ではCODの増加により2000年前後から若干上昇傾向がみられ、特に2002年頃からは2を超える事例が増加

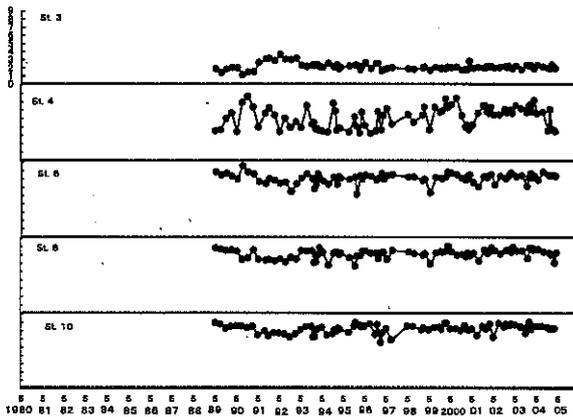


図2 Md φの地点別経時変化

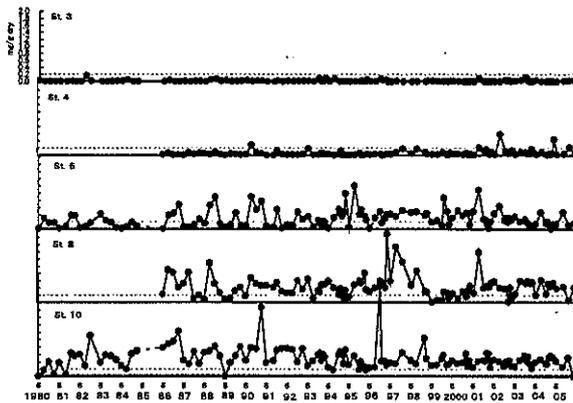


図4 AVSの地点別経時変化

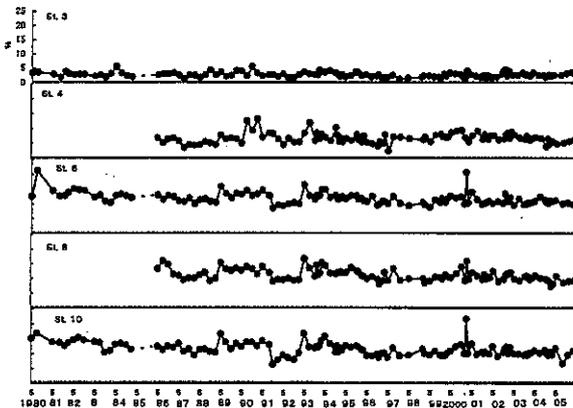


図6 ILの地点別経時変化

している。St.6, 8, 10でも2000年以降のCODの増加により上昇傾向にある。従って、St.4, 6, 8, 9, 10の海域では易分解性有機物(植物プランクトン等)の堆積が進んでいることが伺える。

(2) 合成指標

合成指標③式の経年変化を図8に、合成指標④式の経年変化を図9に示した。

合成指標は、海水の交換が制限され、有機物の負荷が多く、夏季に成層が発達し易い閉鎖性の海域の有機物

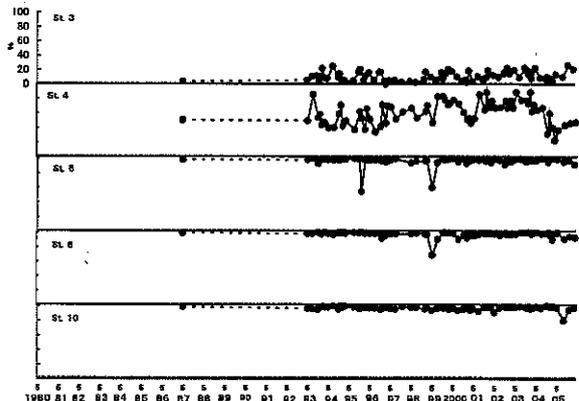


図3 MCの地点別経時変化

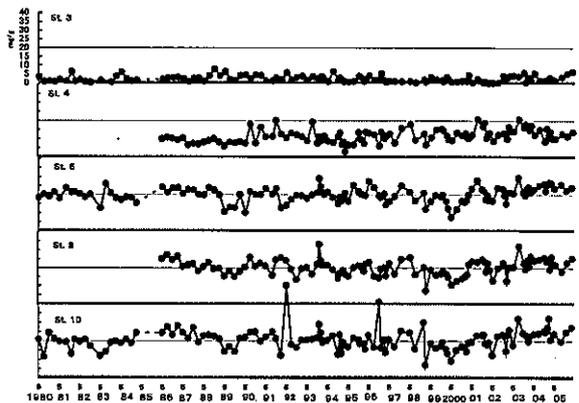


図5 CODの地点別経時変化

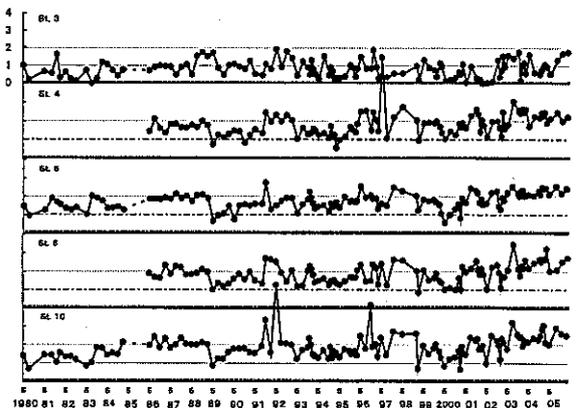


図7 C/Iの地点別経時変化

汚染の程度を評価する際に用いられ、表1（水産用水基準 2005年版）に従い評価した。

合成指標③式、合成指標④式の値はほぼ同様の傾向で推移し、両指標とも St.3 では0を大きく下回っており、St.4 ではほぼ0以下で推移している。一方 St.6, 8, 10 では、夏季だけではなく、ほとんどの調査時において0を上回っている。

2. マクロベントスの出現動向

定点別の出現動向を図10～13に示した。

全地点において5月の調査では2001年頃から、8月の調査では2000年頃からマクロベントス全体の出現数が増加している。分類群別にみると、貝類ではシズクガイやモガイ、多毛類ではイトゴガイ、甲殻類ではヨコエビ類が主体となっている。

汚染指標種（ほとんどがシズクガイ）についてみると、マクロベントス全般と同様に概ね2000年以降増加していた。

しかし、汚染指標種とされているシズクガイは従来から有明海では普通にみられていたものである。

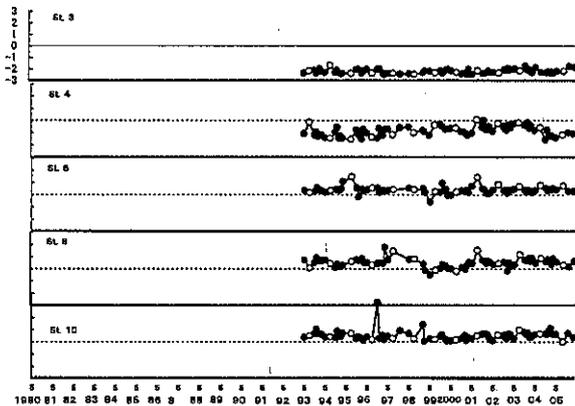


図8 合成指標③式算出値の地点別経時変化 (○は夏季調査分)

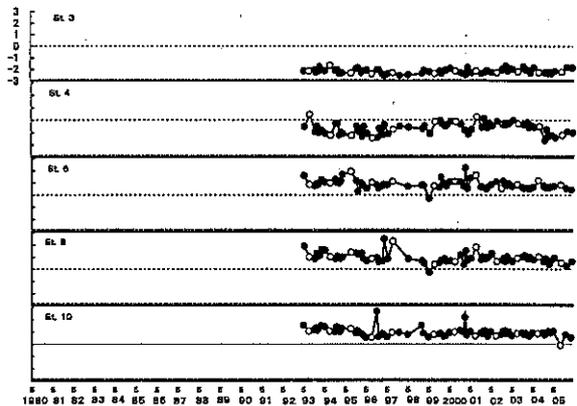


図9 合成指標④式算出値の地点別経時変化 (○は夏季調査分)

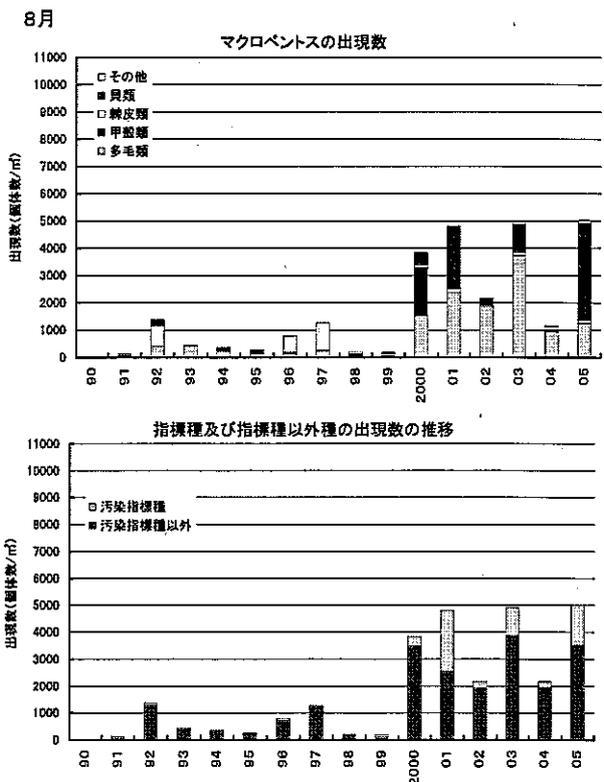
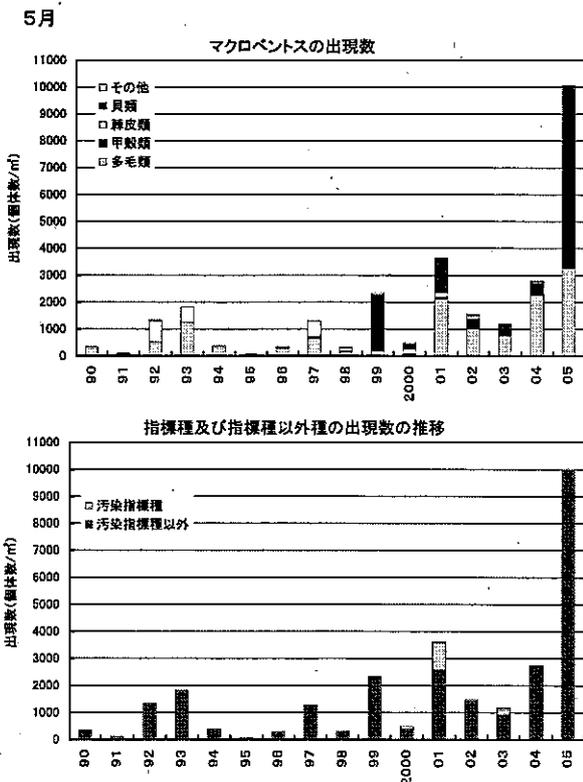


図10 St.4におけるベントス出現数の推移

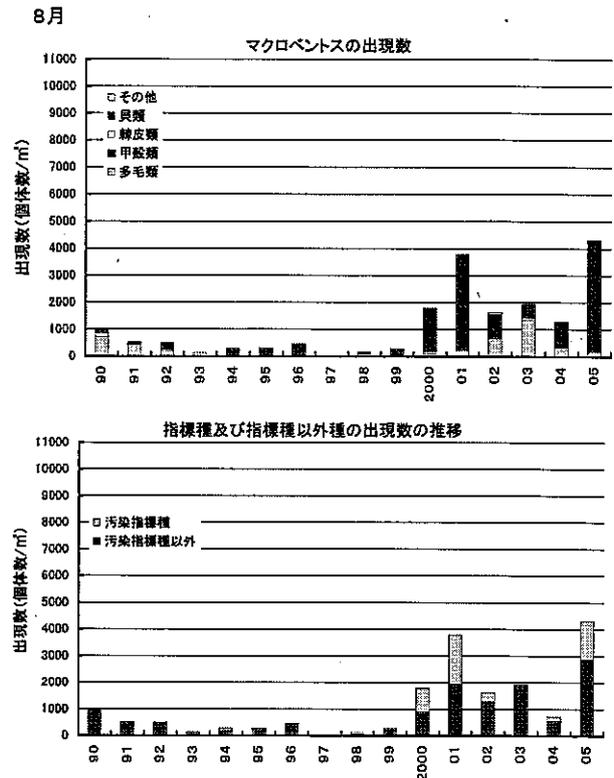
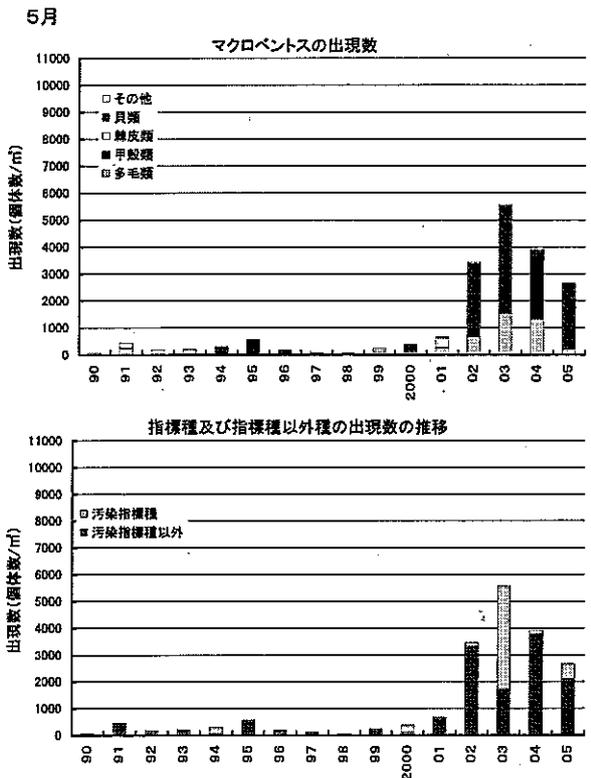


図11 St.6におけるベントス出現数の推移

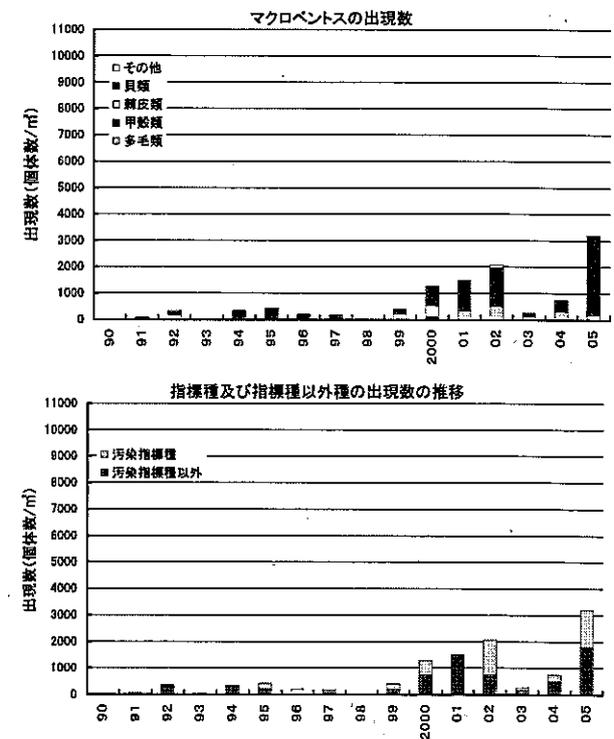
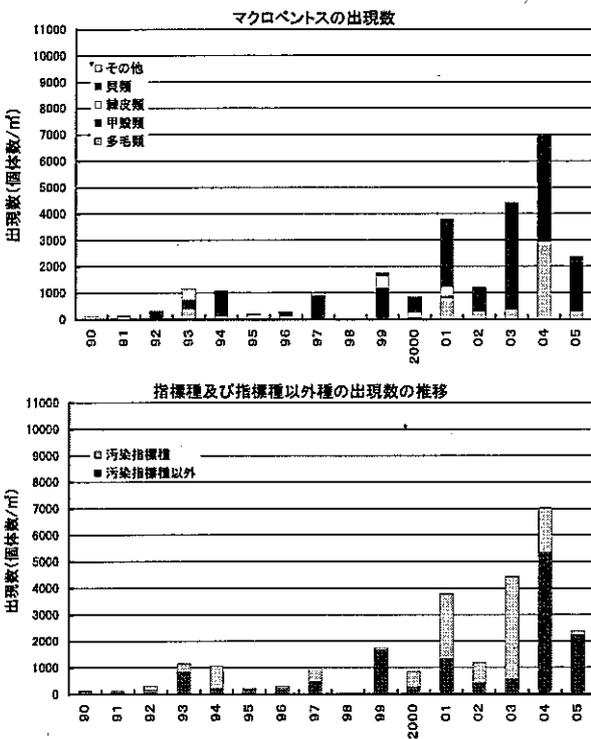


図12 St.8におけるベントス出現数の推移

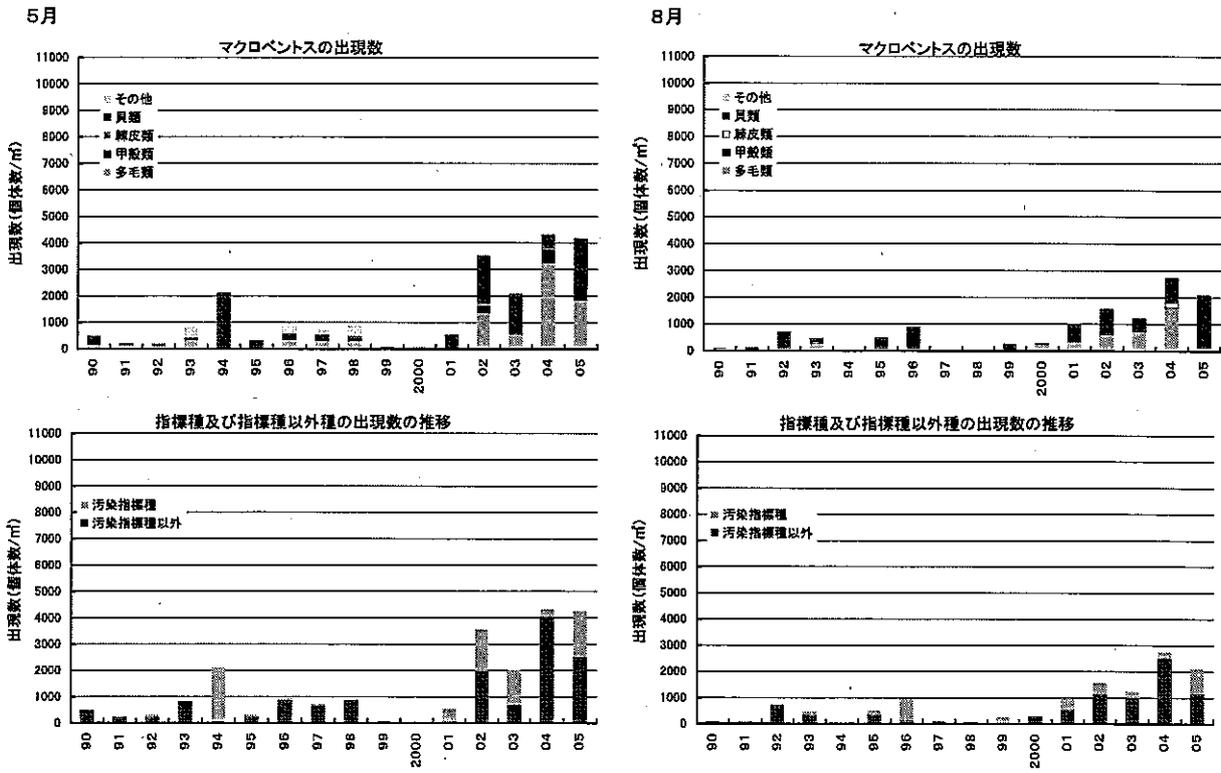
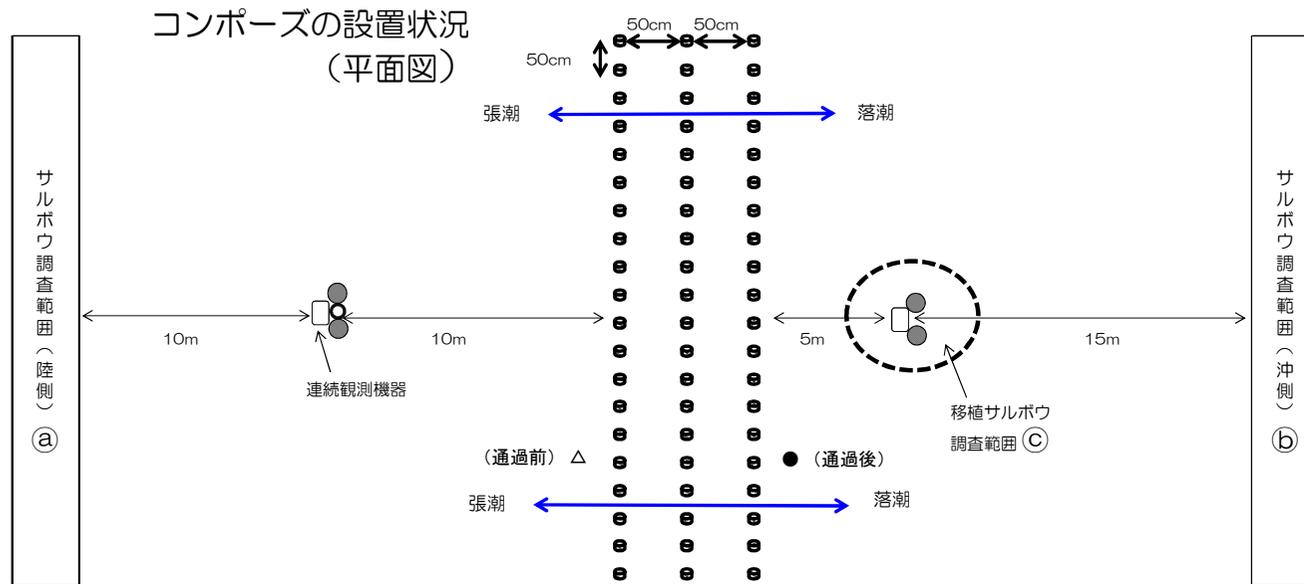


図 13 St.10 におけるベントス出現数の推移

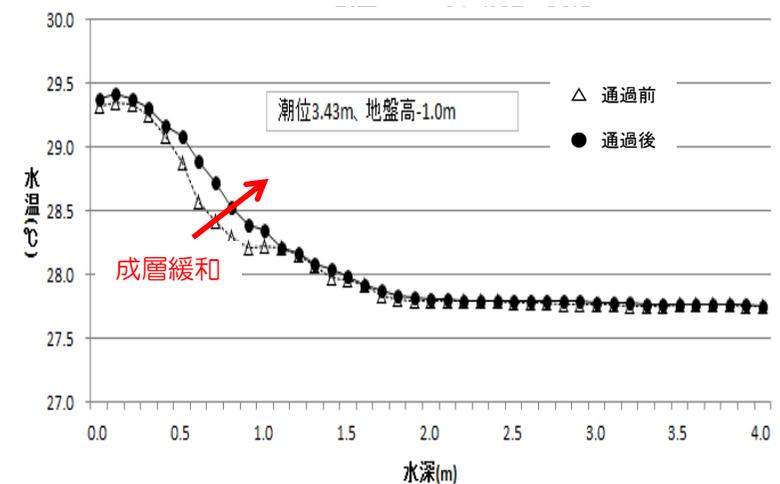
【資料6】コンポーズ(ノリ合成支柱)による貧酸素緩和効果について



コンポーズは流軸に対し鉛直方向に70°傾けて設置

- 平成22年度の水理実験とシミュレーションの結果をもとに、平成23年度にサルボウ漁場において現地試験を実施した。
- 7月下旬から9月中旬にかけて計8回、調査範囲①～③におけるサルボウの生息状況を追跡調査した結果、直近斃死率の最大値は、①が62.5%、②が83.3%、③が15.4%であった。
- また、層別水温をコンポーズ列通過前後で比較した結果、コンポーズ列による物理的攪乱に伴う成層構造の緩和が確認された。
- 今回の試験により、コンポーズを用いた貧酸素被害軽減策の可能性が示唆されたことから、平成24年度以降も現地試験を実施する予定であり、その中で費用対効果等についても検討することとしている。

コンポーズ列通過前後(落潮時)の水温成層の変化



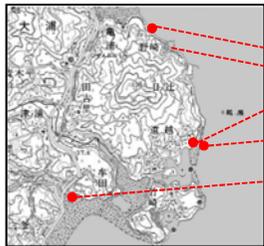
【資料7】タイラギ移植技術開発試験の概要

1. 実施条件

試験年度	移植場所			移植稚貝		移植方法		モガイ殻混ぜ込みによる移植漁場改善試験	
	砂干潟	泥干潟	砂質浅海域	西部産	東部産	手植え	ばらまき	実施	実施せず
H21	○			○		○		○	
H22	○	○		○	○*	○		○	
H23	○		○		○		○		○

※ 砂干潟のみに移植

2. 実施場所

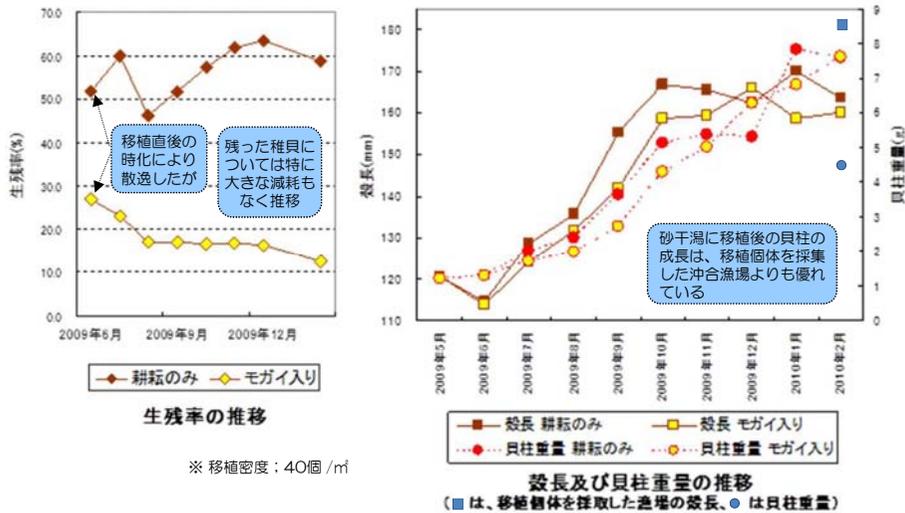


- H23砂干潟 (地盤高 約1.0m)
- H21,22砂干潟 (地盤高 約0.7m)
- H23砂質浅海域 (水深 約1.0m)
- H22泥干潟 (地盤高 約1.2m)



タイラギ稚貝の移植作業

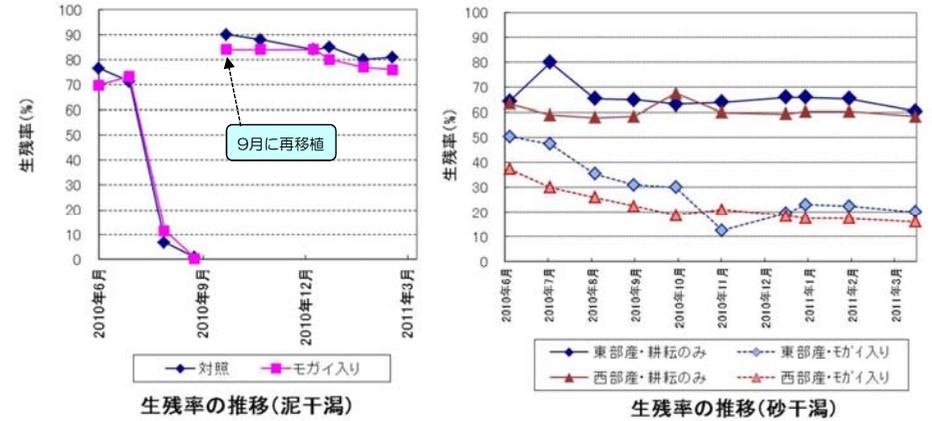
3. 平成21年度の主な試験結果



移植した稚貝の生残率や貝柱の成長の推移から、砂干潟への移植技術については、実用化の可能性が示された。

(なお、モガイ殻の混ぜ込みによる生残率や成長の向上はみられなかった)

4. 平成22年度の主な試験結果

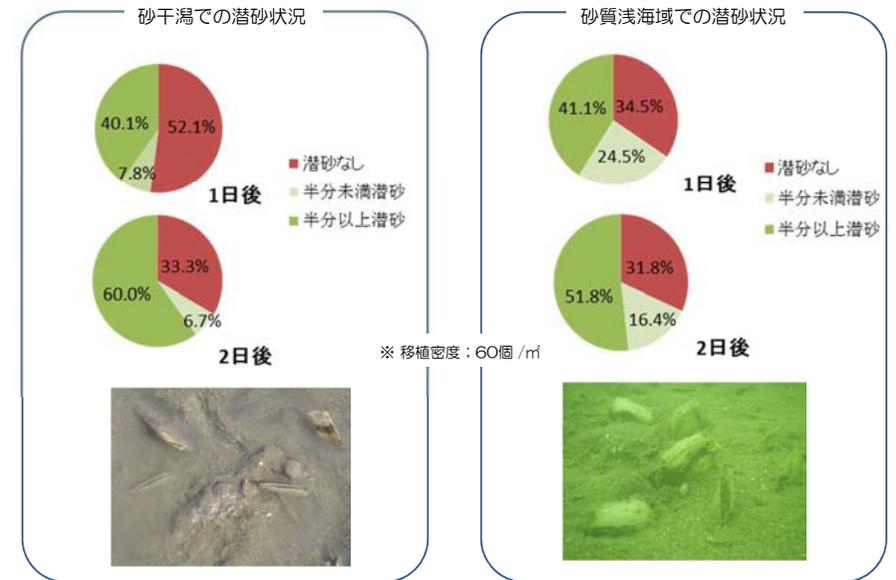


泥干潟の移植稚貝では、夏季に原因不明の大量斃死が発生

砂干潟への移植技術については、平成21年度と同様、有効性が示された

(なお、移植稚貝の産地による生残率の差はなし)

5. 平成23年度の主な試験結果



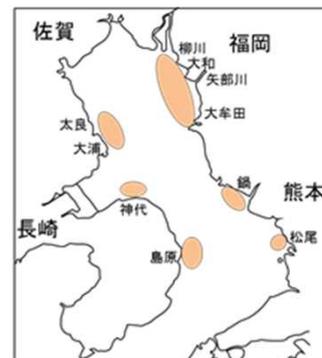
砂干潟、砂質浅海域とも、放流2日後までには約7割の稚貝が自力で潜砂しており、ばらまき移植の有効性が確認された

【資料8】 ガザミ種苗の放流実績と効果について

1. 種苗放流実績

実施年度	放流サイズ	(千尾)			
		福岡	佐賀	長崎	熊本
平成21年度	C1	—	1,473	—	350
	C3	100	—	300	653
	C5	—	240	36	—
平成22年度	C1	—	1,550	—	595
	C3	489	—	300	634
	C5	—	242	44	—
平成23年度	C1	—	3,020	—	548
	C3	438	803	300	505
	C5	—	—	32	—

※ すべてDNA標識種苗



放流場所

2. これまでの追跡調査の結果概要

漁獲県	分析検体数	放流種苗の混入率(%)			
		C1	C3	C5	計
福岡	608	1.3	9.4	2.1	12.8
佐賀	1,288	1.8	2.5	1.5	5.7
長崎	641	0.2	0.5	1.4	2.0
熊本	2,772	0.6	3.0	1.2	4.5
計	5,309	—	—	—	—

- 平成21、22年度に、4県合計で5,309検体の漁獲ガザミのDNA分析を実施した。
- その結果、放流種苗の漁獲物への混入については、C3種苗が多い傾向がみられた。
- このことから、ガザミ種苗の放流効果の向上には、必ずしもC5までの大型化は必要ない可能性が示唆された。

漁獲県	放流県			
	福岡	佐賀	長崎	熊本
福岡	27%	12%	41%	21%
佐賀	11%	46%	36%	7%
長崎	8%	69%	23%	0%
熊本	5%	15%	54%	26%

- 4県とも、概ね、自県が放流した種苗だけでなく、他県の放流種苗も漁獲していることが明らかとなった。
- また、福岡、佐賀、熊本の3県では、長崎地先の放流種苗がよく漁獲されていた。
- 以上のことから、有明海におけるガザミ種苗放流では、集中放流が有効であることが示唆された。

3. 今後の取組

- 共同放流体制の構築に向け、引き続き、4県連携のもとでガザミ種苗の大量放流を実施し、漁獲量の増大を図りながら、効率的かつ効果的な放流方法（放流サイズ、放流時期、放流場所等）や費用対効果について検討する予定である。

干潟・浅海域における
底質の物質循環調査に関する研究
平成 17～21 年度研究成果報告書

抜粋

平成 22 年 3 月

特定非営利活動法人有明海再生機構
干潟分科会

II. 研究目的

1 研究目的

有明海は、日本最大の干潟を有する場所であり、豊富な水産資源を提供してくれる貴重な場所である。ところが、近年、漁獲量の減少・不安定化・赤潮の頻発など、海洋環境の悪化が大きな問題となってきた。そこで、漁業資源の豊かな有明海に戻ることが緊急の課題となっている。しかし、過去に十分な体系だった有明海の調査研究は行われていなかったため、その原因を明らかにすることは難しい。環境変化には様々な要素が絡み合っており、総合的に様々な分野の調査研究技術を用いて現状を把握し、再生に取り組むことが重要である。

このため有明海再生機構では、底質再生の見通しを明らかにすることを目的に、平成 17 年度・18 年度には佐賀県行政区内の海域を対象に、平成 20 年度には福岡県柳川沖の干潟を対象に底質の物質循環調査の基礎データの収集を主な目的として、底質の柱状採取、その解析/分析に基づいて過去の環境変遷史の再現を行った。さらに、有明海湾奥部泥干潟からその沖合の浅海域にかけての水域において平成 19 年 7 月から 1 年間の季節変動を押さえた調査を行い、生態系シミュレーションモデルによる計算結果の検証に資するデータ収集を行うとともに、コア分析の結果と生態系シミュレーションでの計算結果を合わせて、過去の環境変遷史、底質環境に関するデータベースの構築（底質マップ）を行った。また、干潟・浅海域における底質の物質循環モデルを実態に即して作成した。

2 研究フロー

本研究のフローを図 1 に示す。

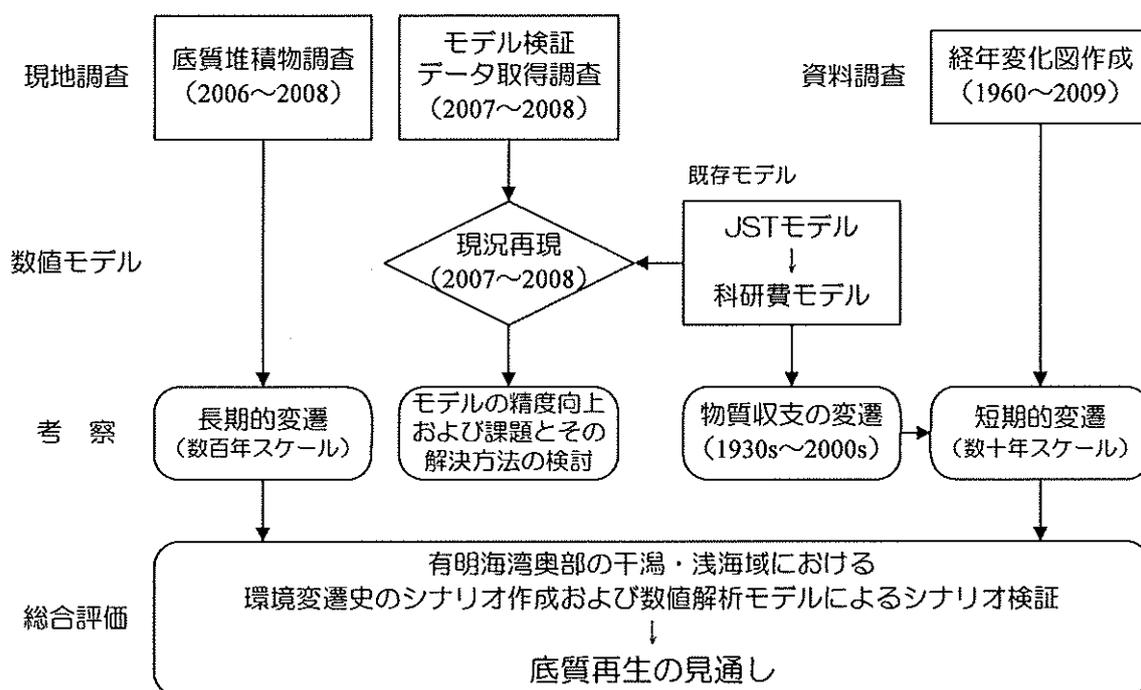


図 1 本研究のフロー

注 1)JST モデル: 文部科学省 平成 21 年度科学技術振興調整費「重要課題解決型研究等の推進 有明海生物生息環境の俯瞰的再生と実証試験」(研究代表者 楠田哲也 (九州大学特任教授))

2)科研費モデル: 佐賀大学の平成 21 年度科学研究費補助金「底泥コア分析と数値シミュレーションによる有明海環境変化の原因解明と再生に関する研究」(研究代表者 瀬口昌洋 (佐賀大学教授))

IV. 有明海湾奥部干潟・浅海域の底質環境変遷に関する総合考察

1 長期的変遷（数百年スケール）

現在の有明海の形成はおよそ 10,000 年前にさかのぼる。しかし、その環境に人間活動の影響が顕著に現れるのはこの 100 年ほどのことである。本事業では、人間活動の影響が比較的少なかった時代から現在までの有明海特有の環境を数百年スケールで明らかにするため、干潟堆積物を柱状コア試料として採取し、堆積物柱状試料の堆積相解析・貝遺骸解析を行った。

有明海湾奥の干潟環境は一樣ではなく、地形や河川の影響により、粒度や堆積速度等がそれぞれの場所で大きく異なっていると考えられたため、鹿島、川副、柳川沖の 3 つの干潟において柱状コア試料を採取した。

近過去の堆積物の年代を決定するため、鹿島沖コアでは 210Pb 堆積年代測定と木片の放射性炭素年代測定が併用された。さらに、川副沖、柳川沖コアからは 1792 年に発生した島原大変による津波堆積物が検出され、極めて良質の時代尺度が得られた。これらの結果を時間マーカーとして用い、100 年オーダーの環境変遷を検討した。

各地点での環境変遷の状況を以下に要約する。

(1) 鹿島コア（干潟縁辺部の浅海域）

最下部に産する木片の放射性炭素年代測定結果により、鹿島コアは約千年間の堆積環境が記録されていると考えられる。

含まれている貝化石はシヅクガイやヒメカノコアサリなど貧酸素環境に耐性のある種類であることから、この海域では夏季の酸素レベルの低い環境がここ 200 年ほどは継続して出現していることを暗示している。

表層から最下部（190cm）にわたって、シルト～粘土で構成されている。これは、試料採取地点近傍に堆積物を多量に供給する大規模な河川がないため、有機物に富んだシルトや泥の堆積する環境が長期間継続している。

表層から深さ約 30cm の区間の見かけの堆積速度は 0.74cm/年程度と推測される。

コアの最深部から表層に至る粒度組成など大きな変化はないことから、長期間にわたって安定した堆積環境が継続している。

(2) 白石コア（干潟域）

柱状コア試料の全長は 120cm であったが、昭和 62 年の覆砂層の上位に厚さ 50cm 以上のシルトが堆積している。これに基づく見かけの堆積速度は約 2.5cm/年になり、他の試料と比較して大きく、このコア試料は数十年の環境変化を記録していると考えられる。

この試料から推察できる堆積環境は、覆砂層を除くと有機質に富む細粒のシルトや粘土粒子が主体をなし、かつ粒度組成変化がほとんど見られないことから、鹿島沖と同様に泥干潟環境で、帯水時には貧酸素状態になる状況が継続している。

(3) 東与賀コア（干潟域）

柱状コア試料は 100cm であり、中層からは 137Cs ピークが検出される。コアの最下部までの区間には島原大変の津波堆積物が認められないことから、このコアは最近のほぼ 100 年間の記録を残していると考えられる。

中部以下、特に下部では堆積相が頻繁に変化するとともに泥分率が 50・70%であるが、上層では 90%にもなり、堆積物の細粒化が進行したことを示している。

下部に産する貝化石はソトオリガイやハイガイなどが優占するものの、上部ではそれらが産しなくなることから、淡水の流入など生息環境の劣化が推察される。東与賀では明治時代から昭和時代にかけて大規模な埋め立て（干拓）がなされ、埋め立て地の護岸がコア採取地点に接近したことが知られているため、この地点が陸水の影響をより強く受けるようになった可能性がある。

(4) 川副コア (干潟域)

柱状コア試料の表層には細粒砂～中粒砂が卓越しており、近年の砂州からなる砂干潟の環境を反映している。しかし、中部に泥層を挟むことから、砂州の移動があったことを示す。

表層から 1950 年代を示す ^{137}Cs が検出され、下部には島原大変 (1792 年) の津波堆積物を挟むことから約 200 年間の記録を残しているといえる。堆積環境が砂州であることから、浸食や堆積の中断があった可能性がある。

アサリ化石が約 90 年前から現在までほぼ連続して群生することから、約 90 年前が有明海湾奥部でアサリの優占開始時期と推定される。

スナモグリの棲管がほぼ全層に渡って観察されることから、基本的には好氣的環境が継続していたといえる。

(5) 柳川沖 (干潟域)

この柱状コア試料の表層部の深度約 35cm には異質の砂質堆積物がある。記録によればこれは 2005 年に散布された覆砂堆積物である可能性が高い。 ^{137}Cs が検出されないことから、表層から深度約 35cm までとそれ以深との間には年代の隔たりがあり、浸食や堆積の中断があった可能性がある。

深度 65-90cm に粗粒砂の堆積物があり、貝殻を多量に含む。これは 1792 年の島原大変に起因する津波堆積物と考えられ、これを契機にアサリやサルボウが生息を開始したことを暗示している。その上位で細粒化し、細粒砂になっていることから、津波イベント前後の堆積環境は砂泥質干潟であったと推察される。

津波イベント以深はシルトから構成され、河口デルタの末端部の泥干潟の環境を反映していると考えられる。

津波堆積物と覆砂堆積物からはアサリやサルボウの貝殻が多量に存在することから、津波イベント以降、アサリなどの生育可能な環境になっていると推察される。

2 短期的変遷（数十年スケール）

(1) 数値解析モデルによる検証

- 1) 貧酸素水塊の形成および物質収支とそれらの支配要因に関する考察
 - 1 JST モデルの構造、基礎方程式および2000～2006年の現況再現結果をレビューした。
 - 2 JST モデルおよびJST モデルをベースにした科研費モデルにおいて、2001年を基本ケースにして、1930年代、1950年代、1977年、1983年および1990年の主要な環境条件を想定した感度解析を行い、各時代の貧酸素水塊の形成および物質収支とそれらの支配要因について考察した。なお、気象条件および河川流量は2001年と同じ条件とし、貧酸素水塊が頻発する湾奥西部（A2エリア）と諫早湾（Bエリア）に着目して整理した。
 - 3 貧酸素水塊は1930年代、1950年代にはほとんど発生せず、1970年代後半¹以降に発生していたと推察される。酸素供給に関わる鉛直拡散係数および流入流出量については、年代とともに小さくなり、湾奥西部では1970年代後半以前の地形変化の影響を受け、1977年以降では地形変化よりも自然変動である外海潮位振幅の影響を強く受けられていると考えられる。諫早湾では1990年と2001年のケース間に大きな変化があり、諫早干拓による地形変化の影響を受けていると推察される。
 - 4 酸素消費に関わる諸量については、1930年代から2001年にかけて上昇傾向にあり、POC・DOCの分解・無機化に伴う消費、動植物プランクトンの呼吸による消費の寄与が大きく、これらの増加は内部生産量の増加に依存していると考えられる。加えて、大型二枚貝等の濾過食者による酸素消費物質の低減効果が大きいことが推測される。例えば、1977年、1983年および1990年では湾奥部（A0・A1・A2エリア）に発生する内部生産量が濾過食者により2001年の2～5倍系外に除去されていたことになる。
 - 5 湾奥部では地形変化が著しい1950年代から1977年にかけて、TOC・TN・TPの存在量は特に湾奥部で増加している。その主因として流入負荷量の増大および内部生産量の増加、海水交換量の減少の影響が考えられる。
 - 6 底泥間の物質輸送についてみると、各年代とも湾奥部と東部沿岸域（干潟形成域）では堆積傾向、島原半島の西部海域（強流域）では侵食傾向を示す。湾奥西部（A2エリア）、諫早湾（Bエリア）とも堆積・侵食フラックスは年代とともに減少し、底泥と水中でSSの挙動が小さくなっていることを示している。また、SSおよび栄養塩の沈降フラックスは年代とともに減少傾向にあり、栄養塩/SS比が増加していることからSSの減少率が大きいことを示している。
- 2) モデルの精度向上と課題について
 - 7 新たに2007～2008年を検証データとして再現計算を行った結果、底泥中の粒子状有機物質の濃度レベルおよび炭素/窒素比、硫化物濃度の再現性（底泥の酸化層の評価）、水中のリン酸態リンの再現性（窒素制限の評価）、水中の総窒素濃度の再現性、表層溶存酸素濃度の過大評価については計算パラメータの見直しなどによって再現精度が高まった。
 - 8 しかし、冬季のアンモニア態窒素の過大評価、鉛直方向のクロロフィルa濃度分布の再現性、底泥中の粒子状有機物質の季節変動、夏季における硫化物濃度の上昇量、干潟上での炭素・窒素・リン等の物質循環（底生生物との相互作用）、初夏（6～7月）における底層溶存酸素濃度の過大評価については課題が残った。

¹ 1960年代～1970年代前半に湾奥部を中心とする大規模干拓が集中した。

(2) 既存データの整理

1960年以降の有明海の環境変遷に関する既存データを収集し経年変化図を作成し、主な環境変遷を表 2-1 にまとめた。また、数値解析モデルで検討した 1930 年以降の貧酸素化に関わる主要な環境変化については下記が挙げられる (図 2-1)。

- 1 気温上昇
- 2 外海の潮位振幅 (月の昇交点の変動に伴う 18.6 年周期)
- 3 潮位振幅増幅率 (大浦ノ口之津) の低下と平均水面の上昇 (1980 年代以降)
- 4 地形変化 (1960 年代～1970 年代前半の規模干拓、1997 年の諫早干拓)
- 5 土砂供給の減少 (1960～1970 年代の砂利採取、1980 年代以降のダム堆砂)
- 6 流入負荷量の増大 (1950～1970 年代の増加)
- 7 透明度の上昇
- 8 赤潮 (特に有害赤潮) の発生と長期化
- 9 ノリ生産量の増大 (1970 年代以降)
- 10 大型二枚貝 (濾過食者) の減少

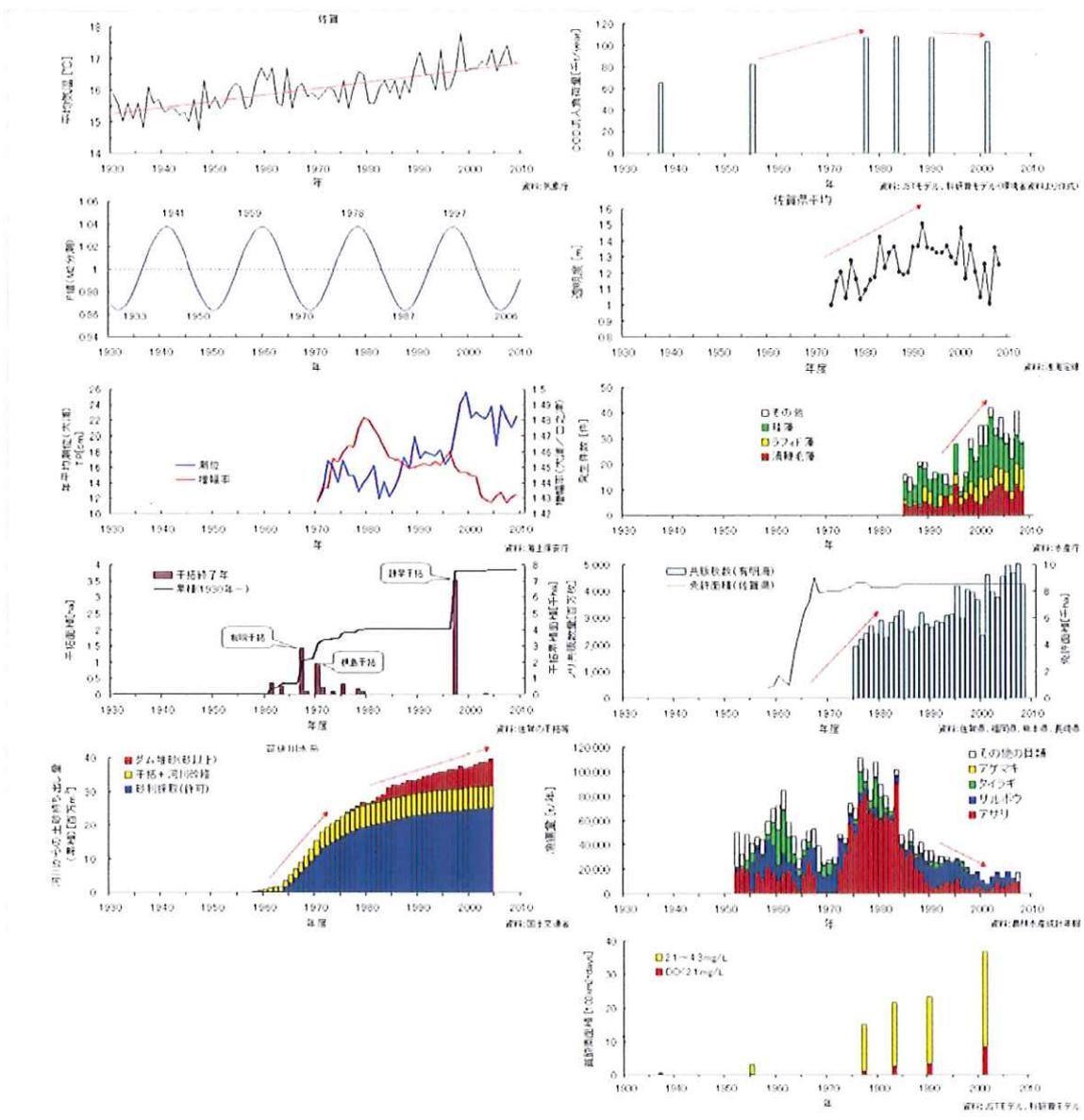


図 2-1 既存データで見る有明海の環境変遷 (1930～2009 年)

表 2-1 有明海の主な環境変遷 (再掲)

年代	トピックス	負荷, 海象, 水質(湾奥)	生物, 漁業
1960	湾奥部干拓 (1960s) 砂利採取急増 (1960L~ 1970F)	栄養塩等負荷量低水準 (1960s)	ノリ養殖免許急増 (1960s)
1970	人口増大 (1970F~1980L) 人工海岸化 (1970L~) 松原ダム・下笠ダム (筑後 川水系) 竣工 (1973)	栄養塩等負荷量上昇 (1970s) 水温上昇 (1970L~1990F) 透明度上昇 (1970L~1990F) COD 上昇 (1970L~1980L) PO4-P 上昇傾向 (1970L~)	貝類漁獲量ピーク (1970L~ 1980F)
1980	福岡導水取水開始 (1983) 筑後大堰竣工 (1984) 松原ダム・下笠ダム (筑後 川水系) 再開発事業完了 (1986) ダム堆砂増 (1980L~)	栄養塩等負荷量高水準 (1980s) 平均水面上昇 (1985L~ 1990s)	魚類漁獲量ピーク (1980s) 貝類漁獲量減少傾向 (1980L~) ノリ養殖 10 億枚台 (1980s) 酸処理剤 (1984~) タイラギ低迷 (1980L~) アサリ激減 (1980L)
1990	人口減少 (1990L~) 諫早干拓潮受堤防締切り (1997) 筑後川下流用水取水開始 (1998)	栄養塩等負荷量やや低下 (1990s)	魚類漁獲量減少傾向 (1990~) ノリ養殖増大 (1990s~2000F) 酸処理剤急増 (1990L) サルボウ減少 (1990L~) アゲマキ壊滅 (1990L~)
2000	竜門ダム (菊池川水系) 竣 工 (2001)	平均水面高レベル (2000s) 栄養塩等負荷量横ばい (2000s)	ノリ大不作 (2000 年度) 赤潮多発 (2000s) ナルトビエイ駆除 (2001~) ノリ養殖 20 億枚台 (2000L)

注) S : ~年代, F : ~年代前半, L : ~年代後半

3 総合考察と今後の課題

3.1 総合考察

川副沖や柳川沖での100年オーダーでの環境は、1792年の島原大変に起因する津波によって砂泥質干潟から砂質干潟へと大きく変化した。砂質干潟とアサリの群棲との関係が明らかになった。津波イベント以降砂泥質干潟となってアサリが減少したが、覆砂によって砂質となり回復している。筑後川河口デルタ前進や後退による堆積の促進や削剥が生じ、複雑に堆積相が変化している。覆砂の効果の裏付けとなる。

一方、鹿島沖や白石沖では、夏季貧酸素環境を伴った状態が少なくとも200年ほどは継続していると考えられる。

昭和初期から現在までの約100年において10年オーダーでの環境は、近年の有明海異変の象徴として、また生物生息環境として重要な貧酸素化を指標にすると、下記1~3の3つの時代に区分することができる。これらの環境変遷を学び、近い将来(下記4)に豊穡の海を取り戻すための再生のあり方について考察する。数値解析モデルによる貧酸素水塊発生規模の経年変化と主因の感度解析による結果を図3-1に、物質収支の変遷等に基づいた環境変遷シナリオを図3-2に示す。

- 1 1930~1950年代(人間活動が有明海に著しい影響を与えることなく、豊穡の海であった時代)
- 2 1970年代後半~1990年代前半(湾奥部での干拓地農業の隆盛、ノリ養殖の急激な増大や二枚貝の高漁獲など人間活動の急激な増加により有明海生態系が目立ち出した時代)
- 3 1990年代後半~2000年代(諫早湾干拓事業による急激な環境変化などにより有明海生態系異変が顕在化した時代)
- 4 2010年代以降(これまでの人間活動によって疲弊した有明海生態系を回復させる時代)

上記1~3は干拓面積の時系列が示すように、1960年代から1970年代前半にかけての湾奥部に集中した大規模干拓と、1997年の諫早干拓を境にしている。すなわち、地形変化が主要なインパクトと考えられ、湾奥部については1970年代後半以降、諫早湾については1997年の諫早干拓潮受け堤防の締め切り以降に潮流速が弱くなり、成層強度が強まった。流れ場の変化に伴い、海水交換の低下、SSの低下、透明度の上昇、内部生産量の増大へと伝達していく。さらに、1970年代後半以降は流入負荷量の増大により、栄養塩濃度の上昇、内部生産量の増大、これによって1950年代までは顕著でなかった貧酸素水塊が発生し長期化するようになったと推測される。また、貧酸素水塊の発生等によって二枚貝等の懸濁物食者の現存量が減少し、摂食されなくなった懸濁有機物による酸素消費により、さらなる貧酸素化へと負のスパイラルが生起していると推測される。数値解析モデルでは、酸素供給の指標として鉛直拡散係数と流入出水量、酸素消費の指標として内部生産量、底泥からの栄養塩の溶出量、濾過食者の役割等を具体的に出力して、有明海異変に関連する環境変遷シナリオ(負のスパイラル)を裏付けている(図3-2)。さらに、貧酸素水塊の主な発生要因の感度解析により、1970年代後半~1990年代前半では地形条件は同じであるが、栄養塩等負荷量、懸濁物食者現存量、外海潮位振幅(F値)等の違いによる貧酸素水塊発生規模の変化を明らかにしている(図3-1)。

堆積物に残された環境変化の解読、文字記録として残された人間活動の整理、数値解析モデルによる過去に生じたであろう現象再現を通して、有明海環境異変の要因が明らかになった。望ましい有明海生態系の再生にあたっては、先ず底質環境悪化の負のスパイラルを逆流させる再生(正)のスパイラルを駆動するための対策が必要である。それには、

- 1 過去の流動場に近い状態に復元すること(酸素供給の増大)
- 2 二枚貝の生息環境を改善し資源量を増大させること(酸素消費の減少)

が基本になるであろう。そのための具体的な対策あるいは水産振興策としては、1)湾奥部の大部分が人工海岸であることからなぎさ線の回復(直立護岸の緩傾斜化など)による流動場の回復、2)流域の流砂系の保全(土砂供給の回復)による持続的な底質改善、3)懸濁有機物を系外に除去するための施策、例えば、カキ礁の復元(ノリ養殖との合意が必要)、4)二枚貝資源が増大する兆しが見えるまでの応急措置としての覆砂、海底耕耘などが有効であると考えられる。

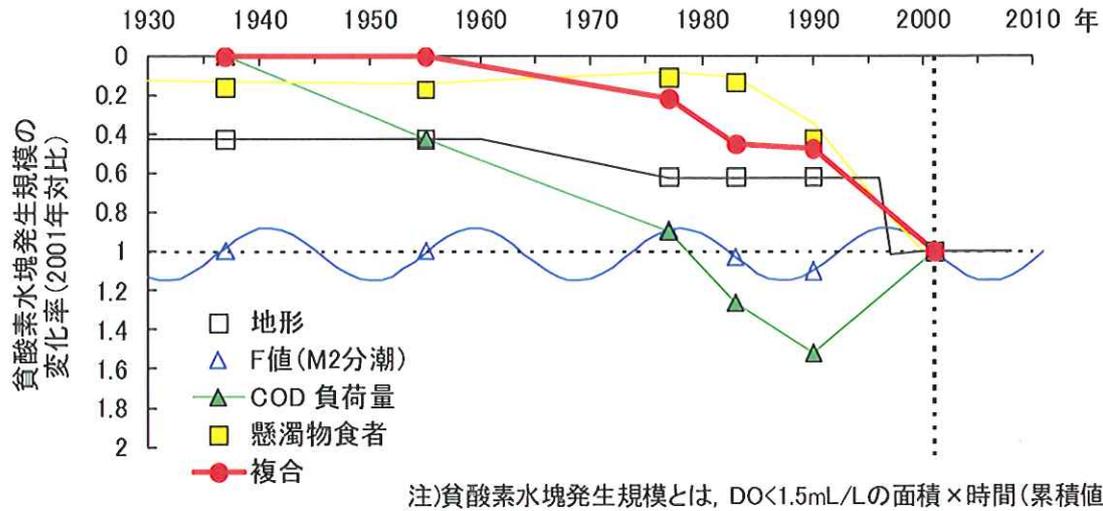


図 3-1 数値モデルによる貧酸素水塊発生規模の経年変化と主因別の感度解析結果 (2001 年対比)
 注) 計算年は 1930 年代, 1950 年代, 1977 年, 1983 年, 1990 年, 2001 年 (現況) である。
 2001 年の貧酸素発生規模 (DO 1.5mL/L 以下) は 6,279km²・day である。

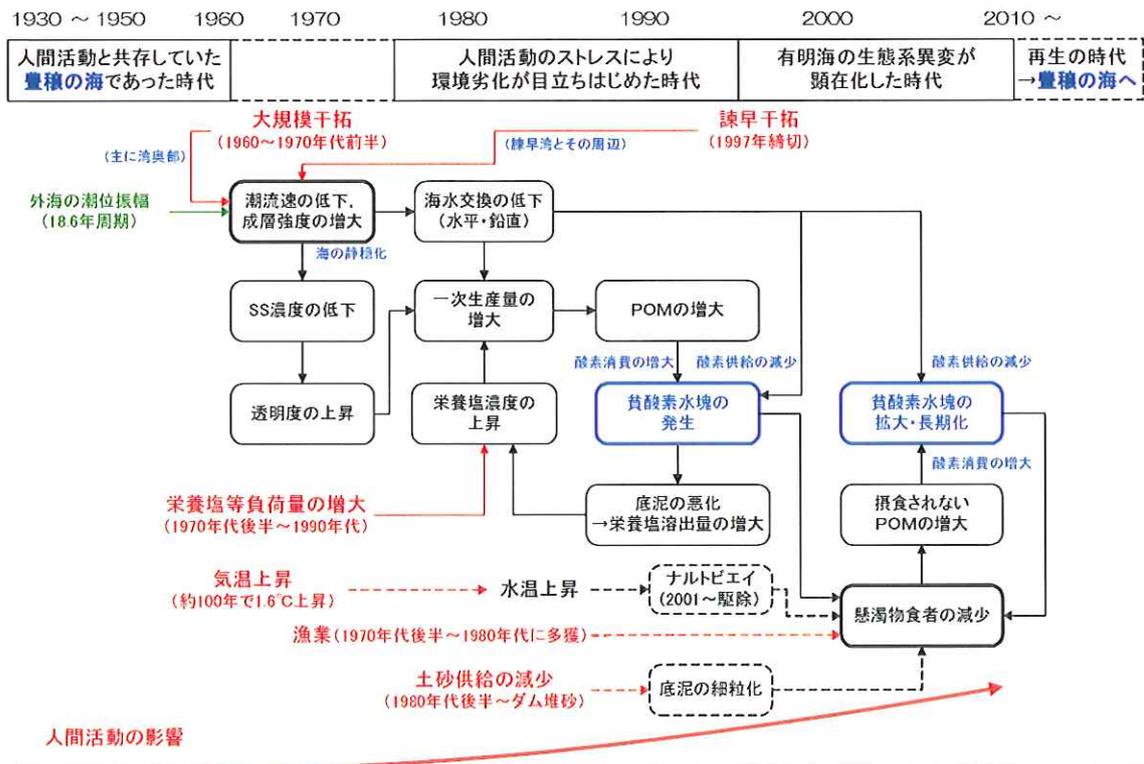


図 3-2 有明海の短期的な (昭和初期から約 100 年間の) 環境変遷シナリオ
 注) 赤字は人為的インパクト, 緑字は自然変動, 破線は数値モデルで取り扱わなかったことを示す。

3.2 今後の課題

(1) 数値解析モデル精度向上にむけての今後の検討課題

本調査・研究では過去の環境変化を直接に記録している堆積物の解析、人間活動を記録した種々の資料の時系列解析と数値解析モデルから得られる現象の時系列解析との整合性検討を通して、有明海異変の主たる要因を解明することから、望ましい有明海生態系回復の手法を提言しようとし、一定の成果を上げることができた。しかし、数値解析モデルのさらなる精緻化には以下のような問題が残された。

本検討では、有明海の干潟・浅海域における物質収支の変化要因を解明するために、数値解析モデルを用いて、2001年を現況（基準）とし、過去を想定した5ケースの感度解析（状況復元）を実施した。これらのケース間で生じる物質収支の変化から、近年、貧酸素水塊の発生が長期化・拡大化していると指摘されていることに着目した。検討にあたっては、貧酸素化に関わるそれぞれの物質循環過程について、時系列でその過程による循環量の大小関係を整理することにより貧酸素化が長期化・拡大化している要因を抽出することができた。

その結果のひとつとして、二枚貝類等の底生動物に利用されない内部生産量の変化が湾奥部での酸素消費量の増大に大きく寄与していることが明らかになった。しかし、数値モデルでの内部生産量および内部生産の高次生態系への循環量の評価にあたっては、比較的単純化されたモデル式を用いている。例えば、予測結果には、各ケースごとの年代に発生したであろう植物プランクトン種の違いやそれに伴う高次生態系への循環量（捕食圧）の変化等は考慮していない。海域での内部生産量の高次生態系への循環量の増強という視点は、数値モデルを用いた有明海の再生方策を検討するにあたっては重要である。

有明海の干潟・浅海域における物質収支の変化要因を解明および再生方策の検討を目的とした数値モデルの精度向上に向けては、上記のモデル式の高精度化を図るためにはよりきめ細かな現場での基礎データの集積が必要である。

V. 干潟分科会委員名簿

委員長

長崎大学環東シナ海海洋環境資源研究センター 教授 松岡敷充

委員

佐賀大学工学部 准教授 大串浩一郎

九州大学理学研究院 助教 下山正一

佐賀大学農学部 教授・副学長 瀬口昌洋

佐賀大学 名誉教授・客員研究員 田端正明

熊本県立大学環境共生学部 教授 堤 裕昭

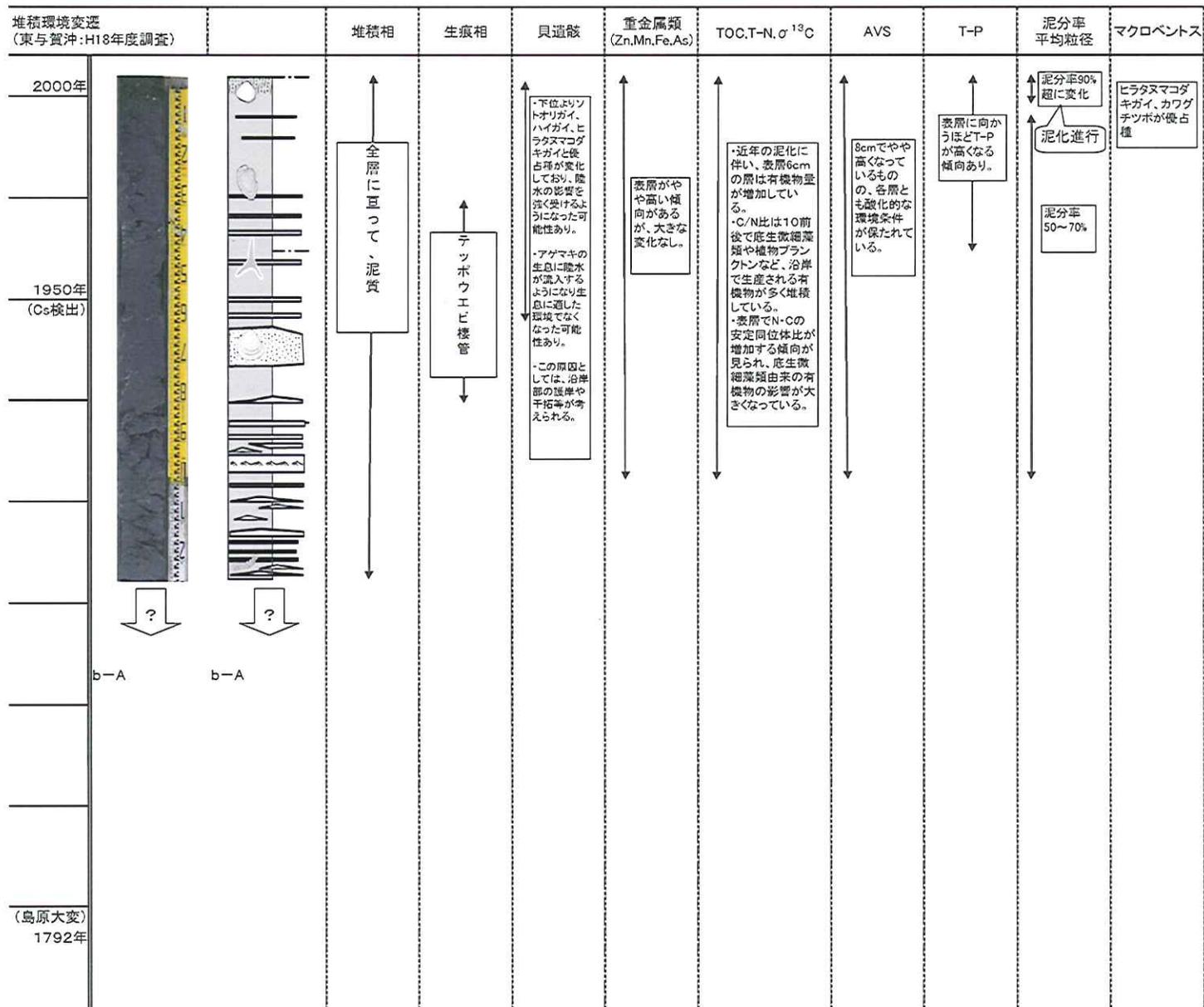
佐賀大学低平地沿岸海域研究センター 准教授 速水祐一

九州大学アイソトープ総合センター 教授 百島則幸

(50音順)

報告書編纂に当たり委員の先生方の他、多くの研究者の方々のご協力を頂いております。
この場をお借りしてお礼申し上げます。

特定非営利活動法人 有明海再生機構
理事長 楠田哲也



堆積環境変遷 (白石沖:H18年度調査)		堆積相	生痕相	貝遺骸	渦鞭毛藻類	重金属類 (Zn,Mn,Fe,As)	TOC,T-N, $\sigma^{13}C$	AVS	T-P	泥分率 平均粒径	マクロベントス
2000年											
1987年(覆砂)		覆砂跡	イトゴカイ排泄痕	ヒナスマゴ ダキガイは 表層に近い方で群生。 ヒナスマゴダキガイは 90年代以降に有明海確認	従属栄養性シスト 相対濃度 も50%前後に増加 〔覆砂影響〕 従属栄養性シスト 相対濃度 30%前後 1987年以降も 富栄養化 進行	Zn,Fe増加 傾向、 Mn,Asは大きな変化なし 低濃度で 推移。 Srは他の 地層に比 べて多 い。 覆砂の影 響？	覆砂層を除き、各 層とも典型的な泥 底の有機物量を 示している。 炭素の安定同位 体比はマイナス2 2%程度で一定 しており、水中の植 物プランクトン由 来の有機物と考え られる。	6-40cm覆 砂層以深 より相対 的に高濃度 低濃度で 推移	表層に向か うほどT-P が高くなる 傾向あり。	全層に亘っ て、泥分率88 ~99%、 平均粒径10 μ m以下の 泥。	カワグチツボ が優占種
1950年 (Cs検出)		覆砂跡以外 は、泥質層									
	120cmまでCs検出 120cmまでCs検出										
(島原大変) 1792年											

