

マリノフォーラム21事業 貧酸素水対応型漁場造成システムの開発

清川智之（底生生物）・向井哲也（連続観測）・山根恭道・内田 浩・中村幹雄

中海では毎年夏季になると水温の上昇とともに高塩分水層が定常的に貧酸素化し、貧酸素水塊を形成する。この貧酸素水塊は、有用2枚貝であるアサリやサルボウ等の発生、成長および生残に多大な影響を及ぼしている。当场では、平成7年度から中海において「湖底の貧酸素化調査」を実施しているが、貧酸素水塊の境界面は風等の影響により水深3m付近を中心に上下に2～3m振動し、また、沿岸部では水平距離にして数km這いあがり、沿岸部の浅い水域にまで貧酸素水塊の影響が及んでいることが予測された。しかし、中海は気象等の条件によりアサリ、サルボウ等の有用2枚貝が限定された水域に大量発生することがあることから、潜在的には資源増大の可能性を持った水域であると考えられる。

貧酸素水対応型の漁場造成による漁業振興の可能性を検討するにあたって、中海の貧酸素水塊の影響範囲の大きさから判断すると、常時貧酸素水塊に覆われるような水域では難しいと考えられる。そのため、比較的影響が少ない沿岸部で検討することがより現実的であると考えられる。

そのため今年度は、来年度から大根島東～南岸域の一部で貧酸素水対応型の漁場造成実験を行うことを前提に本水域のベントスおよび貧酸素水の侵入状況等の調査を実施したのでその結果を報告する。

1) DO・塩分の連続観測調査

調査期間

平成8年7月～11月

調査場所

大根島南岸域（図1参照）

調査内容

①連続観測水質計の設置（4カ所）

- ・大根島南岸部 水深2.0m、3.0m、4.0m、5.0m
- ・水質測定位置 湖底上15cm・測定間隔10分に1回
- ・20日に1回、回収とデータ引き出し、再投入

②アサリのカゴ飼育（水質観測地点にて）

- ・アサリ1カゴ100個体、約10日に1回生残率調査

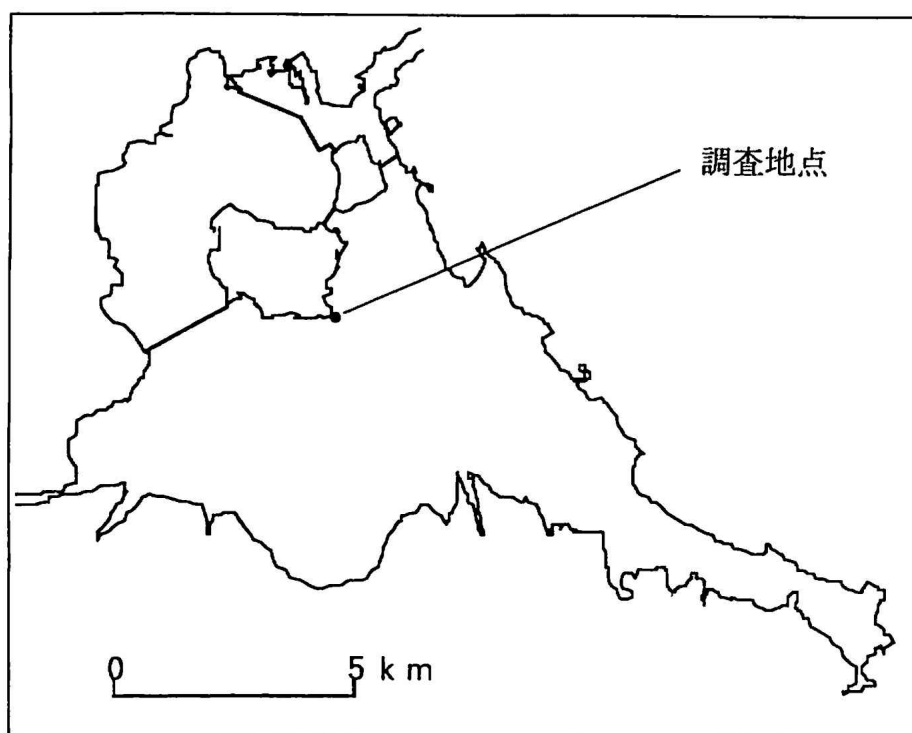


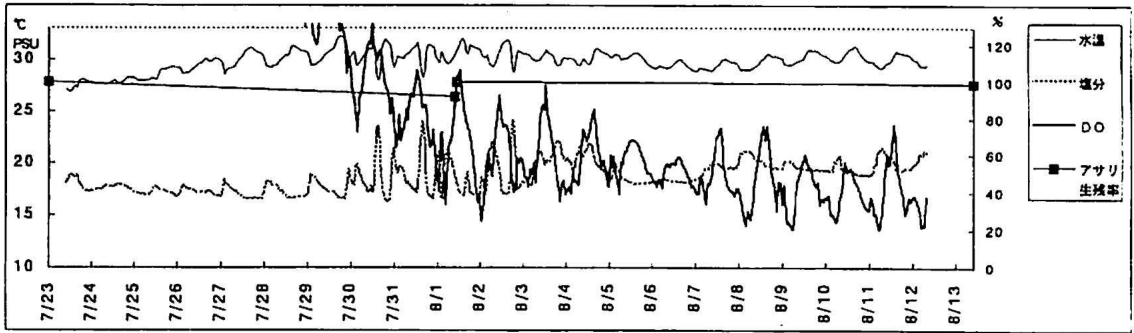
図1 調査地点

結果と考察

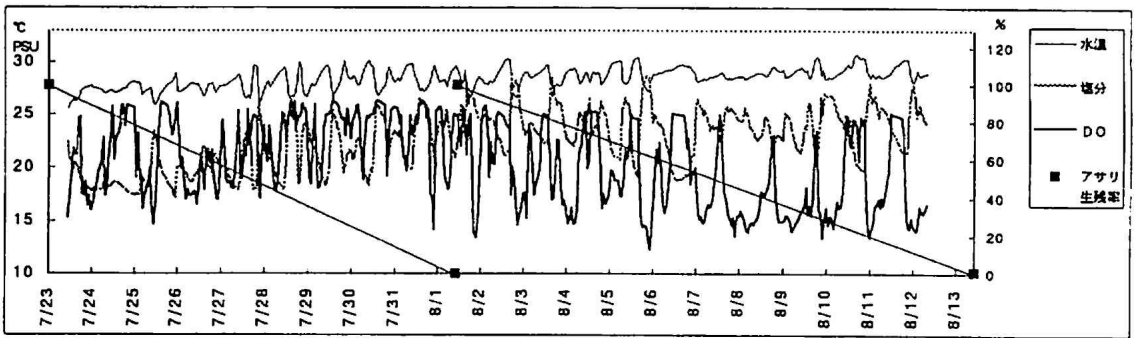
- ・水質の連続計測とアサリの生残率調査の結果は図2-1～図2-5に示した（DOのデータは水質計不調により信頼性の乏しいものがあるが、参考のためにそのままの値を示してある。）。
- ・地中海での水質連続計測の結果、夏期には水深2 m、3 m、4 m、5 mのいずれも貧酸素水塊の影響を受け、湖底が一時的、あるいは連続的に貧酸素化することが確かめられた。
- ・貧酸素水塊の影響は水深が深いほど大きいですが、水深2 mでも断続的にDOが低下しており貧酸素水塊の影響を受けていることがわかった。
- ・時期的には7月、8月では断続的に湖底が貧酸素化するだけであるが、9月、10月では湖底が貧酸素する頻度が高くなり、9月～10月の水深5 mではほぼ恒常的に湖底が貧酸素化していた。
- ・水質連続観測と同時に行った約10日ごとのアサリの生残率測定では、水深2 mはすべての時期で高い生存率を示したが、水深3 m以深では時期によっては生存率が低かった（別紙図2参照）。特に9月はじめから10月中旬にかけてが最も生残率が低かった。DOのデータと併せてみると、DO30%以下の貧酸素状態が数日に渡って連続したり、あるいは貧酸素状態が断続的に何回も繰り返された場合に生残率が低下する。

7.23~8.12

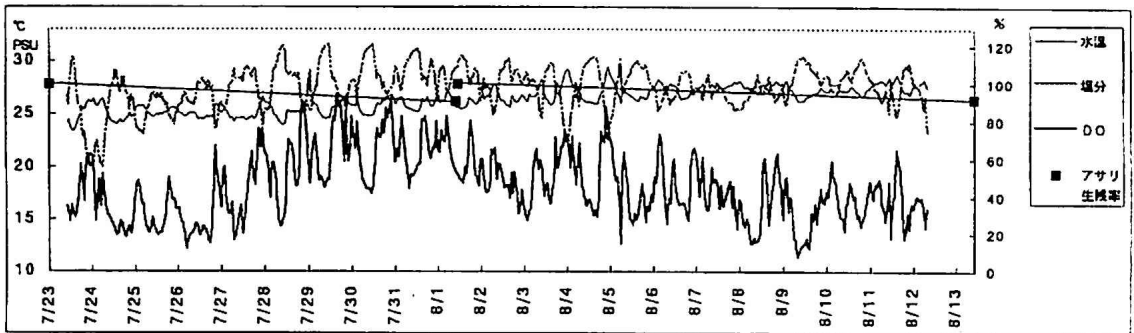
水深 2 m
(YSI-6000)
D.O.計不調



水深 3 m
(SBE-19)



水深 4 m
(YSI-6000)



水深 5 m
(SBE-19)

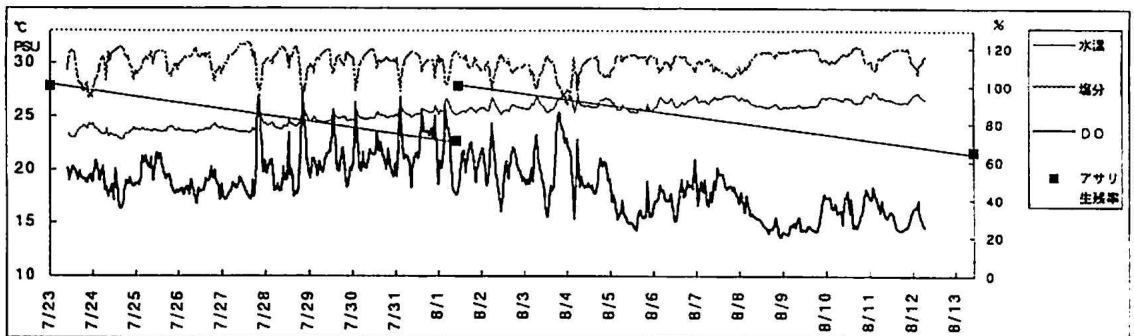
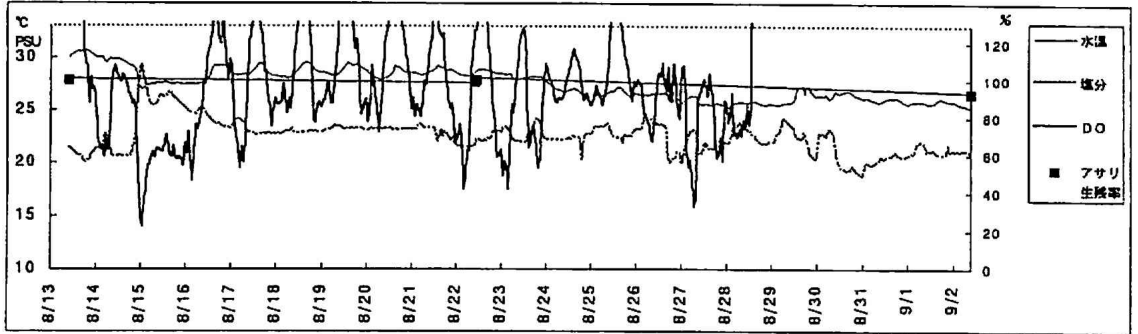


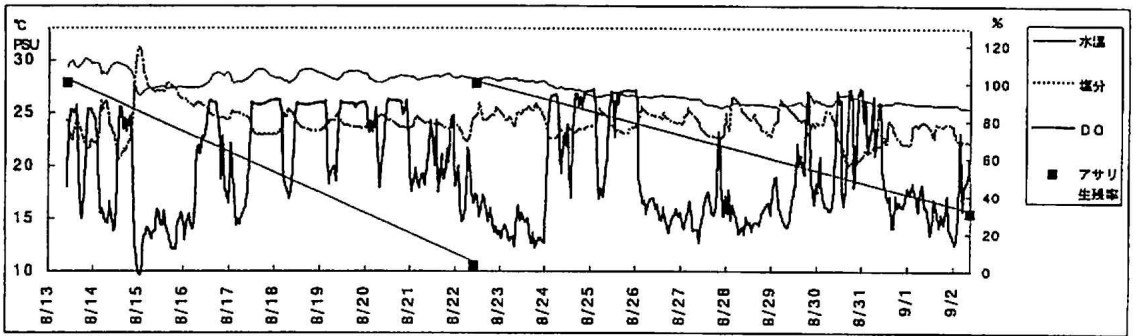
図2-1 水質連続計測とアサリ生残率の調査結果 (7.23~8.12)

8.13~9.2

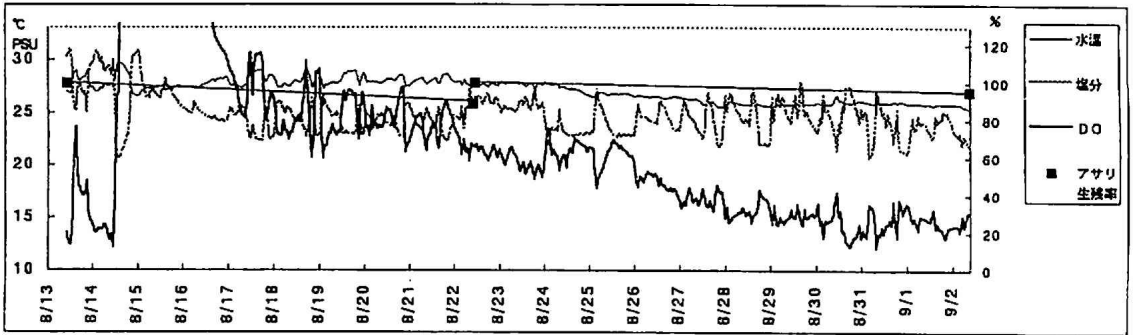
水深 2 m
(YSI-6000)
DO計不調



水深 3 m
(SBE-19)



水深 4 m
(YSI-6000)
DO計不調



水深 5 m
(SBE-19)

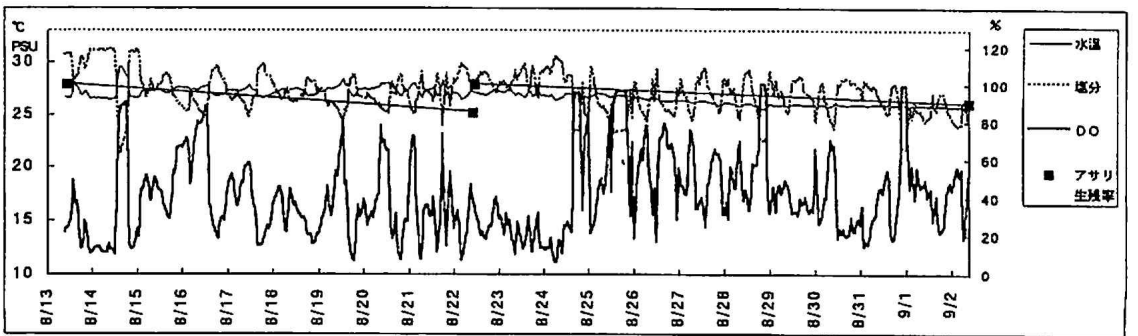
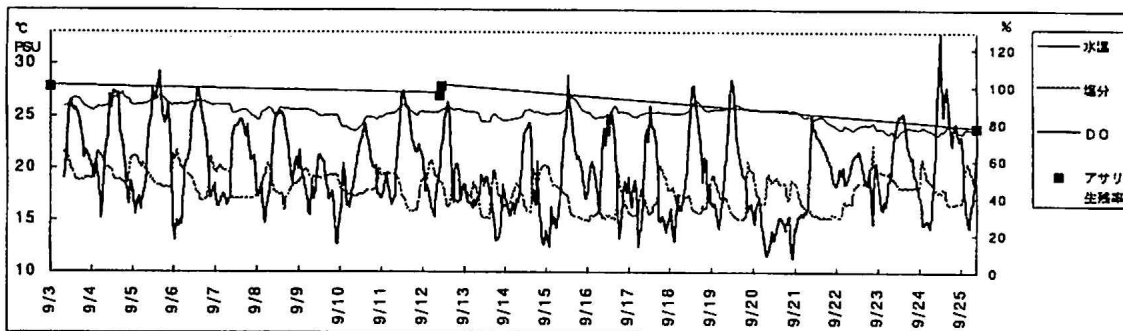


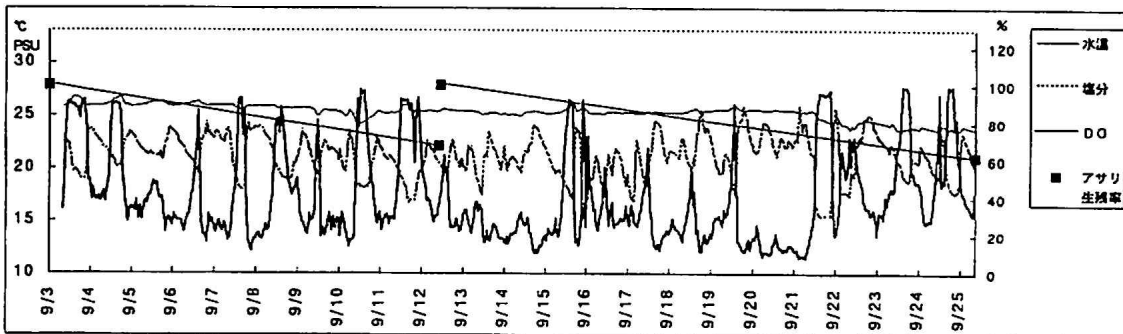
図2-2 水質連続計測とアサリ生残率の調査結果 (8.13~9.2)

9.3~9.25

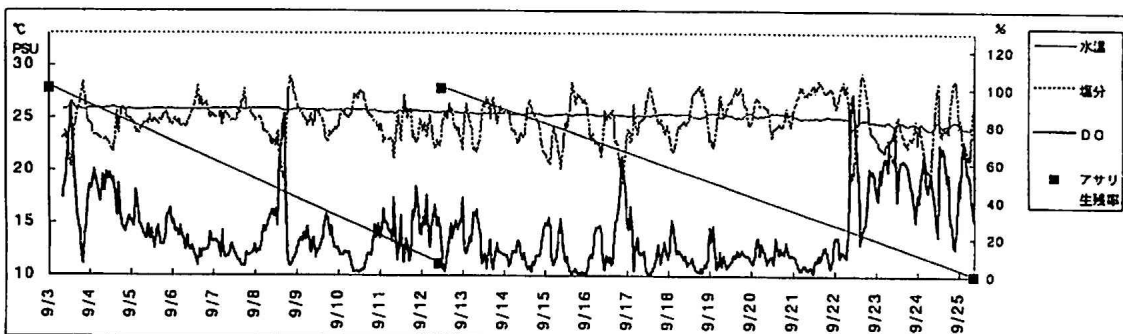
水深 2 m
(YSI-6000)



水深 3 m
(SBE-19)



水深 4 m
(YSI-6000)



水深 5 m
(SBE-19)

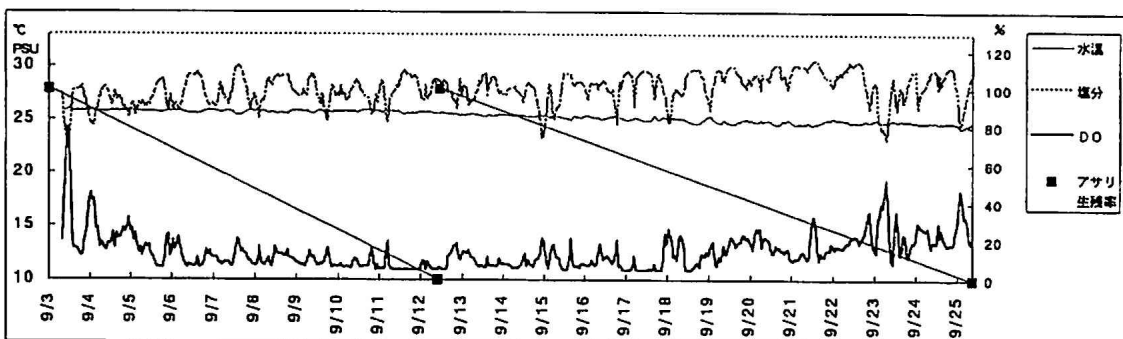
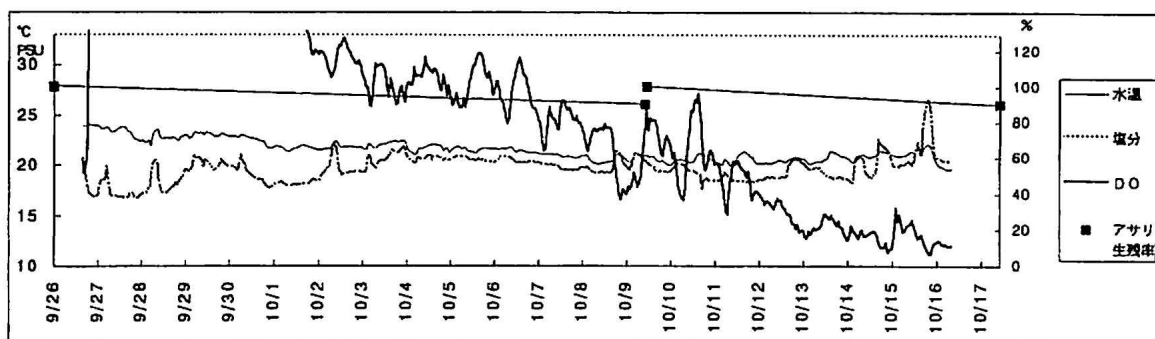


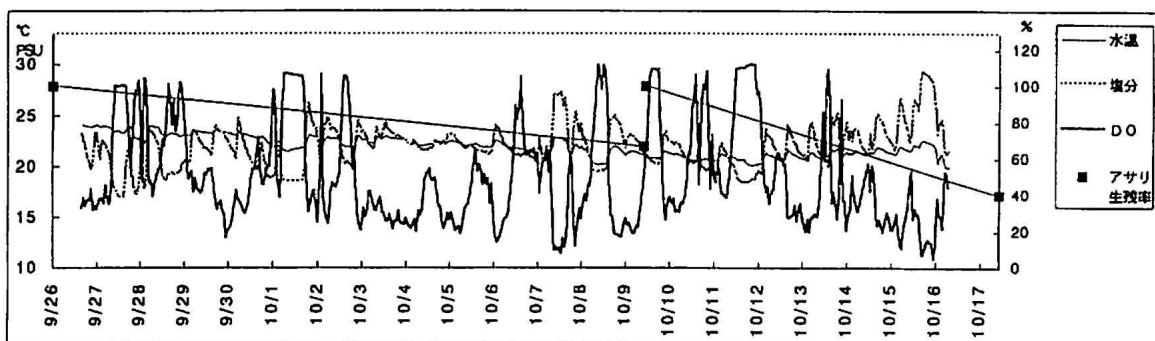
図2-3 水質連続計測とアサリ生残率の調査結果 (9.3~9.25)

9.26~10.16

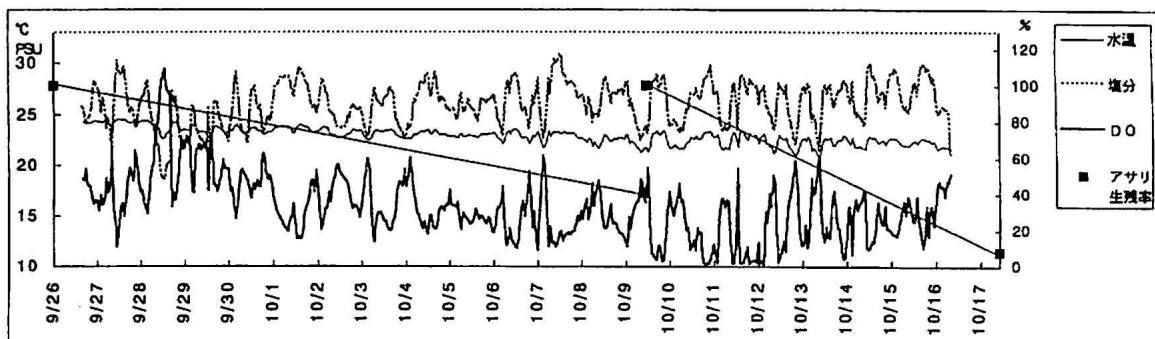
水深 2 m
(YSI-8000)
D.O計不調



水深 3 m
(SBE-19)



水深 4 m
(YSI-8000)



水深 5 m
(SBE-19)

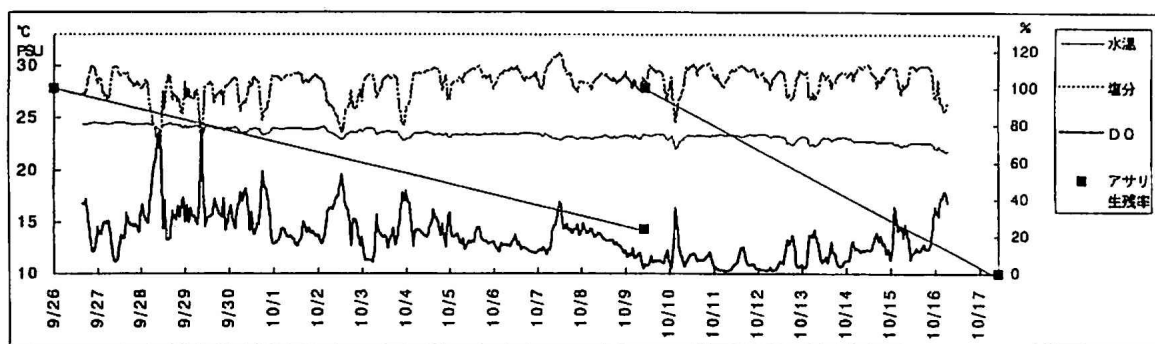
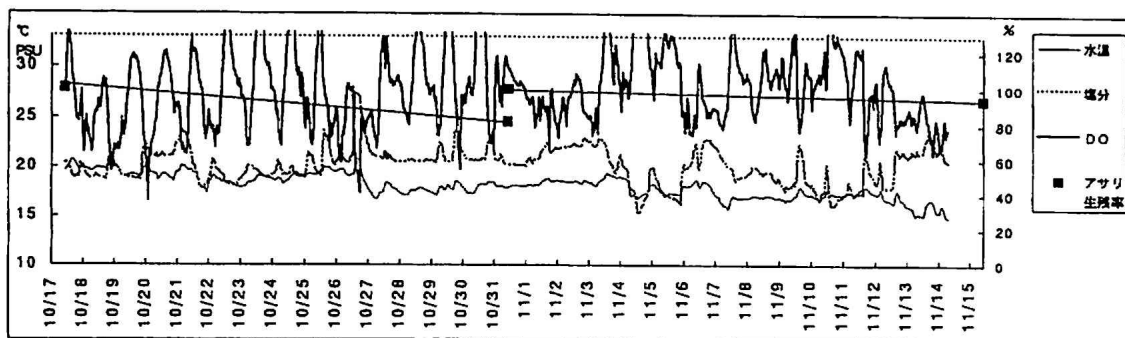


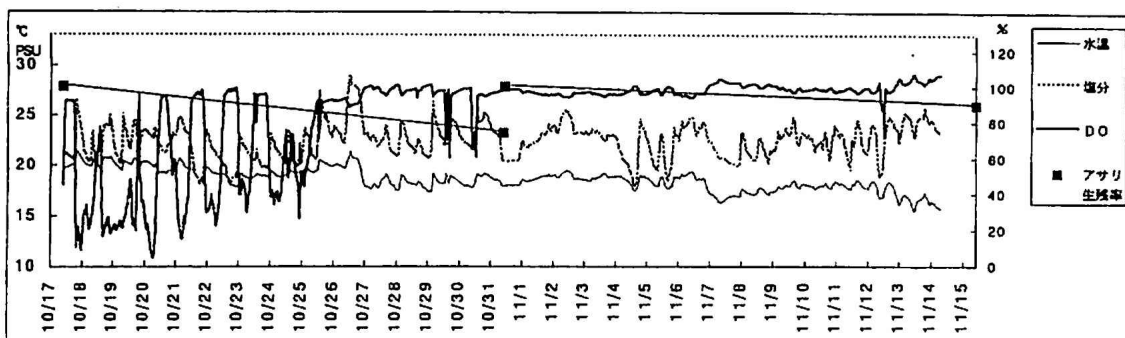
図2-4 水質連続計測とアサリ生残率の調査結果 (9.26~10.16)

10.17~11.14

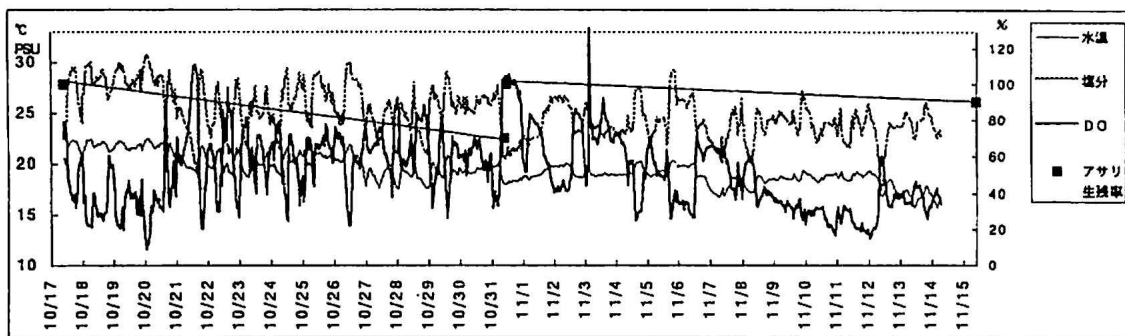
水深 2 m
(YSI-6000)



水深 3 m
(SBE-19)
DO計不調



水深 4 m
(YSI-6000)
DO計不調



水深 5 m
(SBE-19)

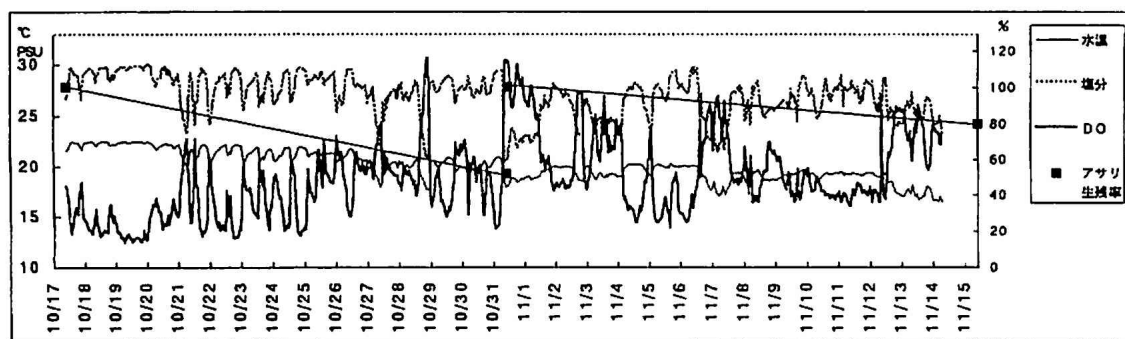


図2-5 水質連続計測とアサリ生残率の調査結果 (10.17~11.14)

2) 貝類を中心とした底生生物の分布調査・底質調査

1. 調査期間および調査場所

平成8年7月8日に大根島南岸から東岸にかけての5ライン（A～E）で行った。調査水深は0、1、2、3、4、5mとした。水深帯によっては急に深くなっていたり、岩盤のため採泥できないことがあったが、その際は欠測とした。

図3に調査地点の概略図を、表1に各調査地点の緯度、経度と水深を示した。

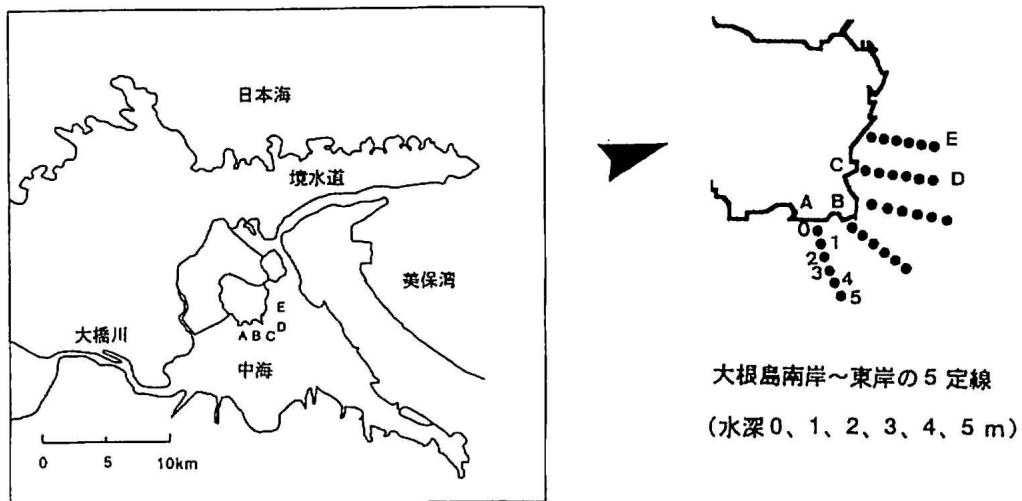


図3 底生生物の調査地点概略図

表1-① A線各定点の水深と緯度、経度

	A-0	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5
水深 (m)	0	1.0	2.1	2.9	4.2	5.0
透明度 (m)	*底質採取のみ		2.0	2.5	2.2	1.8
緯度			35.28.90	35.28.83	35.28.83	35.28.79
経度			133.10.89	133.10.90	133.10.96	133.10.91

表1-② B線各定点の水深と緯度、経度

	B-0	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5
水深 (m)	0	1.0	欠測	3.8	4.2	5.4
透明度 (m)	*底質採取のみ			2.0	1.9	1.6
緯度				35.28.95	35.28.90	35.28.82
経度				133.11.27	133.11.32	133.11.34

表1-③ C線各定点の水深と緯度、経度

	C-0	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5
水深 (m)	0	1.0	2.2	2.8	4.0	4.5
透明度 (m)	*底質採取 のみ		1.6	1.5	1.5	1.5
緯度			35.29.00	35.28.97	35.29.04	35.29.10
経度			133.11.46	133.11.50	133.11.51	133.11.47

表1-④ D線各定点の水深と緯度、経度

	D-0	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5
水深 (m)	0	1.0	2.3	3.0	3.9	5.5
透明度 (m)	*底質採取 のみ		1.6	1.6	1.6	1.5
緯度			35.29.07	35.29.11	35.29.13	35.29.15
経度			133.11.43	133.11.42	133.11.48	133.11.54

表1-⑤ E線各定点の水深と緯度、経度

	E-0	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5
水深 (m)	0	1.0	欠測	欠測	4.5	5.2
透明度 (m)	*底質採取 のみ				1.8	1.8
緯度					35.29.42	35.29.38
経度					133.11.45	133.11.52

2. 調査内容

① 底生生物調査

水深2m以深の調査地点では採集面積0.05m²のスミス-マッキンタイヤー型採泥器を用いて、各地点2回ずつ採泥を行った。水深0および1mの調査地点では採集面積0.0625m²のサーバーネットを用いて、潜水により各地点2回ずつ採泥を行った。得られた底質は0.5mmのふるいによりふるい分けした後、ふるい上に残ったものを10%ホルマリンで固定し、生物を拾い出して種まで分類・同定を行った。

② 底質（粒度・強熱減量）および水質調査

底質調査のための試料はスミス-マッキンタイヤー型採泥器を用いて採取した。表層から2cmまでの底質をポリ袋に採取し、凍結保存した後に粒度・強熱減量分析用試料とした。底質調査のうち粒度分析は、凍結保存した底質を解凍したのち、常法に従い底質を63μmから2mm(2000μm)までの9段階に分けてそれぞれの比を求めた。強熱減量についても常法に従い求めた。また、各調査地点において、表層から1mおきと底層（底から約10cm）の水温、塩分、DOなど水質調査を行った。

結 果

① 底生生物調査

表2に調査地点別貝類・多毛类等種類別個体数を示した。そのうち貝類ではアサリ、ホトトギス、ヒメシラトリガイを中心に15種、多毛類ではゴカイ、ウミイサゴムシ、ハナオカカギゴカイ、ミナミシロガネゴカイを中心に20種が確認された。

図4に調査地点別の貝類（アサリ、ホトトギス、ヒメシラトリガイ、その他貝類）の分布密度を示した。アサリについてはすべての調査地点で確認された。多いところでは1mあたり1000個以上の場所もみられたが、5m以深では分布密度が低かった。ホトトギスについては水深3～4mに多く分布する傾向が認められたが、ホトトギスの分布密度が高い地点ではアサリも同様に高いことが多かった。その他の貝類についてはヒメシラトリガイがまとまってみられたほかはイソシジミ、アラムシロガイなどがわずかにみられる程度であった。

図5に調査地点別の多毛類（ゴカイ、ウミイサゴムシ、ハナオカカギゴカイ、ミナミシロガネゴカイ、その他多毛類）の分布密度を示した。ゴカイは0、1mで、ウミイサゴムシ、ミナミシロガネゴカイ、ハナオカカギゴカイは3m以深でまとまってみられた。本水域における多毛類の分布密度と水深の間に有意な関係は認められなかった。

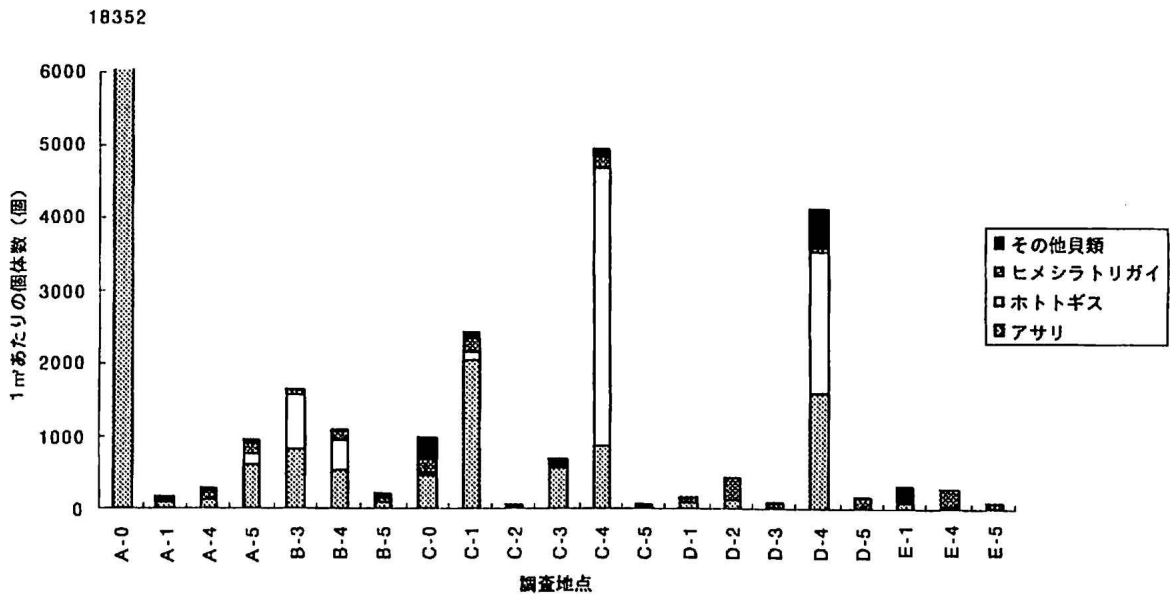


図4 調査地点ごとの貝類の分布密度

表2 調査地点ごとの貝類・多毛類個体数

種・s.t. No	標準和名\ステーション名	A-0	A-1	A-4	A-5	B-3	B-4	B-5	C-0	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5	E-1	E-4	E-5
<i>Neanthes diversicolor</i> (sp.)	ゴカイ	19	27		23	38	1		14	105	4	3	3			1	4	1		5	2	
<i>Eteone longa</i> (sp.)	ホソミサシバゴカイ	1										1										
<i>Nephtys polybranchia</i>	ミナシシロガネゴカイ			9	7	6	13	7				3	46	17		1	5	15	7			25
<i>Sigambra tentaculata</i> (sp.)	ハナオカカギゴカイ	1	4	2	7		23	9			3	13	5	12		4	21	6	4			9
<i>Prionospio japonicus</i>	ヤマトスピオ		1								1					3						
<i>Lagis bochi</i>	ウミイサゴムシ			10	9	6	38	14	48	82	2	39	48	28	5	6	10	22	20		2	2
<i>Capitella capitata</i>										2		1					1	1				
Capitellidae	キャピテラ科		1															2				
Spionidae	スピオの一種						1	2													1	
<i>Glycera</i> sp.	グリセウ								1	1							2					
<i>Lumbrineis</i> sp.	キボシイソメの一種									1		4	16				2	19				19
<i>Lepidonohus</i> sp.							1			1	4	2					1	3				2
<i>Nereis</i> sp.																6						
<i>Paraprionospio</i> sp.				11	3							1								1		
<i>Diopatra sugokai</i>	スゴカイイソメ															1						
<i>Cirriiformis tentaculata</i>	ミズヒキゴカイ									1						1		1				
Cirratulidae	ミズヒキゴカイ科の一種					2					1	1				1	1					1
<i>Melinna</i> sp.							3	2				2	25					15	1			12
Ophelidae									1	1												6
Terebellidae										1			1				2	1				
環形動物・多毛類・個体数合計		21	33	32	49	52	80	34	64	195	15	70	144	57	5	29	48	83	33	11	73	2
NEMERTINEA	紐形動物	3														3						
紐型動物・個体数合計		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
<i>Muscululus senhousia</i>	ホトトギス				15	73	43	1	1	14		4	380			2	3	193		4	1	
<i>Macoma incongrua</i>	ヒメシラトリガイ	1	1	12	17	8	12	9	27	26	3	4	15	1	5	28	4	8	13	1	21	6
<i>Ruditapes philippinarum</i>	アサリ	2285	12	13	61	84	55	9	61	257	4	59	90	5	15	13	3	162	3	13	6	3
<i>Mya arenaria conogai</i>	サルボウ	2	1		1													1				1
<i>Theora lata</i>	シズクガイ			3	3			3						2								2
<i>Nuttallia olivacea</i>	イソシジミ		1						2	5												11
<i>Notha livescens</i>	アラムシロガイ					1			18									2				
<i>Laternula limicola</i>	ソトオリガイ		1						2	1												
<i>Anomia chinensis</i>	ナミマガシワガイ		7						4													
<i>Trapezium sublaevigatum</i>	タガリソデガイモドキ	1							7													
<i>Macoma</i> sp.	ニッコウガイ科の一種	1											7						28			
<i>Trapezium liratum</i>	ウネナシトマヤ																		6			
<i>Fairbankia</i> sp.																			1			
<i>Moerella rutila</i>	ユウシオガイ									2												
Veneridae sp.	トマヤガイ科の一種								5			3	1						13			14
軟体動物・腹足綱、二枚貝綱合計		2290	23	28	97	166	110	22	127	305	7	70	493	8	20	43	10	414	18	43	29	9
Corophidae	ドロクダムシ	72	27		1	1			24	21	2	2	2					3				20
<i>Paranthura japonica</i>	ウミナナフシ								34	6	1	2						2				33
<i>Gnorimosphaeroma oregonensis</i>	イソコツブムシ	82	85							1								19				
Idoteidae	ヘラムシ科の一種	1							1			2						2				
Gammaridae									7	16	3		3					3				5
MACRURA	エビ類				1							2	1					1			1	1
BRACHYURA	カニ類	1	1									2	1									
ANOMURA	ヤドカリ類	2							5	4		1										
節足動物・甲殻綱合計		158	113	0	2	1	0	0	71	48	8	10	6	0	0	21	9	0	0	59	1	0
合計		2472	169	60	148	219	190	56	262	548	30	150	643	65	25	96	67	497	51	113	103	11

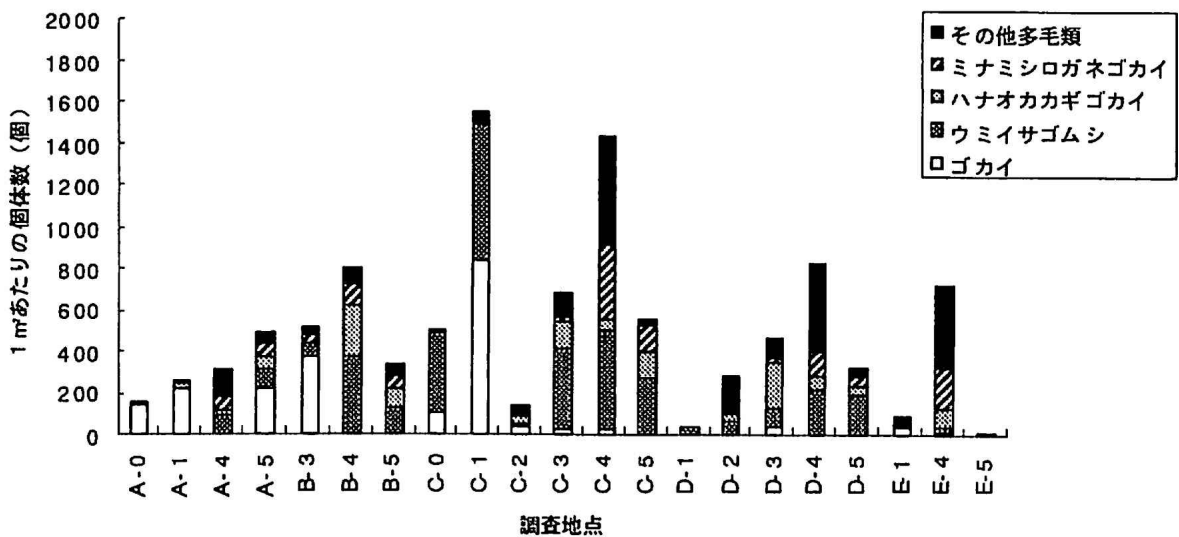


図5 調査地点ごとの多毛類の分布密度

② 底質（粒度・強熱減量）および水質調査

潜水調査で得られた水深ごとの底質表面の写真を図6に示した。同じ水深であれば調査地点間で大きな違いは認められなかったので、水深ごとに特徴を整理する。

水深0 m（波打ち際）：底層には貝殻がきわめて多く分布している。砂や泥はみられない。

水深1 m：貝殻の表面にややデトリタスが附着している以外は0 mと同様、砂、泥はほとんどみられない。

水深2 m：水深1 mとほぼ同様だが、場所により砂泥底が露出する部分が認められる。

水深3 m：デトリタスや砂泥により、浅い調査地点と比較して貝殻の存在がわかりにくくなる。

水深4 m：貝殻も認められるが、砂泥底が広い範囲を占める。

水深5 m：完全な泥底になる。貝殻等はほとんど確認できない。

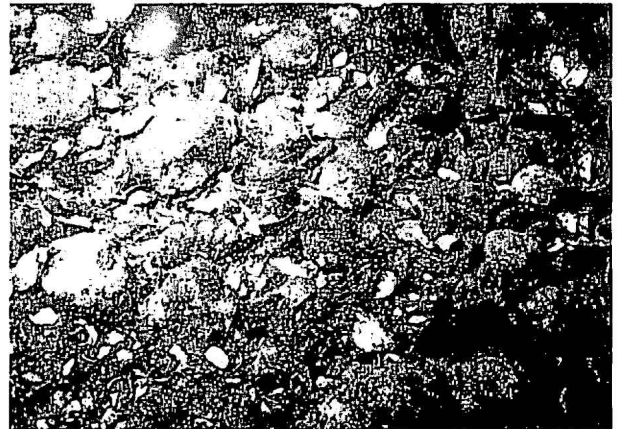
図7-①～⑤に調査線ごとの粒度組成分布累積曲線を示した。1000 μ m以上のれきについては、その大半が粒度分析時に除去しきれなかった貝殻片である。粒度組成分布累積曲線をもてみてもわかるように、水深2～4 mでは、粒径180 μ m以上の砂粒が全体の50%以上を占めた。しかし、それ以深では全体のほぼ8割以上が粒径180 μ m未満の微砂～泥粒であった。

強熱減率の調査結果については表3に示した。強熱減率の値は4～22%の間で推移しているが、2～3 mでは5%前後、4 m前後では5～10%、それ以深では15%以上と水深が深くなるにつれて高くなる傾向が認められた。一般に強熱減率は粒度が小さくなるにつれ高くなるが、本調査でも同様の結果が得られた。

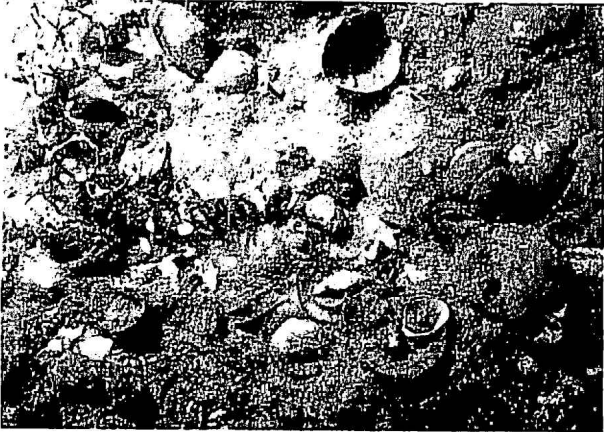
水質調査結果については、覆砂予定海域における長期的な貧酸素水塊の挙動について別項で詳しく述べているので、ここでは調査当日の状況について示す。表4に当日の水温、塩分、およびDOの観測記録を示した。調査時における底層のDOは調査線ごとに違いはみられず、水深が同じであればどの地点のDOもほぼ同じであった。水深4 m地点では40～87%と変動があるものの比較的高かったのに対し、それ以深では変動がみられず、また、21～24%と低かった。



水深 0m



水深 1m



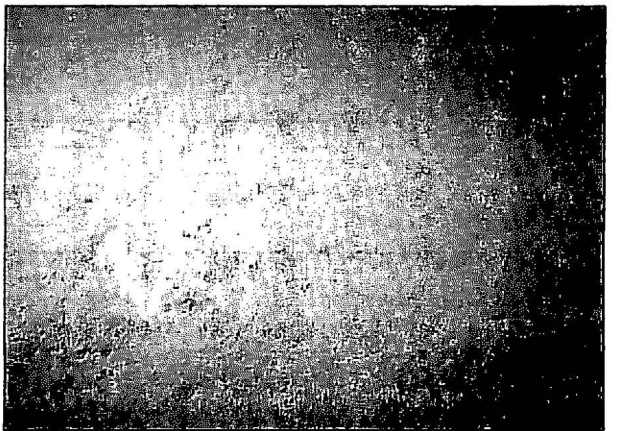
水深 2m



水深 3m



水深 4m



水深 5m

図6 代表的な水深ごとの底質表面の状況

考 察

今回の調査結果の概要は以下のとおりである。

1. 大根島南～東岸にかけての粒度組成は水深帯により違いが認められた。
2. 特に4～5 mの間で差が認められた。すなわち4m以浅では微砂～泥質のほか、500 μ m前後の砂、および貝殻片が多いのに対し、5 m以深では完全な泥質で、砂および貝殻片はほとんどみられなかった。
3. 底層のD Oは水深4 m付近では40～87%と比較的高かったのに対し、水深5 m付近では変動幅が小さく、また、21～24%しかないため、貝類が生息するには難しい環境と考えられた。
4. アサリについては水深4 m以浅に広く分布しているのが確認された。また、その他の貝類でも同様であった。多毛類については水深と個体数の間に関係は認められなかった。

本調査の主な目的は平成9年実施予定の貧酸素水対応型の漁場造成実験の位置決定にあったが、実験を行うに当たって必要な条件として、①覆砂後に有用貝類（特にアサリ、サルボウ）が発生しやすい場所、②貧酸素水塊が夏季～秋季に定常化しない場所、③覆砂する空間を確保できる場所、があげられる。

①については、貧酸素水侵入前にアサリ、サルボウの着底稚貝が多く分布していることが必要になる。今回の調査結果は、大根島東～南岸域にアサリ稚貝が多く分布していることを示しており、分布密度が低かった5 m付近を除けば本条件は満たされる。

②については今回の水質調査、および別項の貧酸素水塊挙動調査の結果から考えて貧酸素水塊が定常化すると考えられる5 m以深は不可能であると考えられる。

③の条件については、大根島周辺の地形が複雑であることから覆砂可能な水域は限られる。地形調査、およびこれまでの本水域調査結果から、起伏に富んだ大根島南岸域（A、B線）、浅海域がなく、水深5 m域がすぐ沿岸まで迫っているE線については覆砂は難しいため、地形的にはその間の水域が適当であると考えられる。