

海洋深層水放水が海域の藻場等生態に及ぼす影響 II

鍋島 浩・渡辺 貢・土居 聡・谷口道子

(1) 目的

放水の影響に関する現場の状況を把握し、海域肥沃化の可能性を検討する。

(2) 調査項目及び方法

① 冷水塊の分布拡散状況調査

調査日：平成9年10月28日 午後1時30分

波高約1.5m、東の風約3m、天候晴れ

表層水水温22.5℃、深層水水温12.9℃

方法等：研究所の排水は、図1に示すように研究所の北側と南側に二分して放水されている。深層水の水塊動態を把握するため、北側排水地点の沖側4点で水温の鉛直分布を測定した。水温測定にはEIL社製MC-5型を用いた。測定は風の日に行い、ロープで船を固定し測定時の船の揺れを最小限に抑えるよう努めた。

② 着色深層水の分布拡散状況調査

北側試験放水

調査日：平成9年12月3日 午後2時

波高約0.5m、無風、天候晴れ時々曇り

表層水水温17.3℃、深層水水温11.6℃

方法等：北側排水地点（図1）から着色した深層水主体排水5トン（ウラニンN：5,000倍）を30分間試験放水し、陸上からの観察と潜水観察により現場海域での立体的かつ経時的拡散状況を把握した。

南側試験放水

調査日：平成11年1月7日 午後1時

波高0.5m、北西の風5～10m、天候晴れ

表層水水温19.7℃、深層水水温13.2℃

方法等：南側排水地点（図1）から約50m北側の地点で着色した深層水5トン（ウラニンN：5,000倍）を40分間試験放水した。

海底試験放水

調査日：平成10年11月10日 午後1時30分

波高約2m、北東の風約5m、天候晴れ

表層水水温23.7℃、深層水水温13.3℃

方法等：試験放水場所及び放水海域の海底状況を図1、図16に示した。研究所北側排水地点と南側排水地点のほぼ中間点に深層水取水管が沖合に向かって敷設されているが、距岸約150m、水深約6mの海域にはほぼ海岸に並行して高さ約2m、幅3m、長さ約80mの潜堤がある。その潜堤から陸側30mの海底で着色した深層水40^{リットル}（ウラニンN：2,000倍）を試験放水した。

なお、研究所から距岸50mくらいまでは岩礁域で複雑な海底地形となっているが、それより沖は比較的単調な転・玉石地帯である。

また、ダイバーの位置確認のため放水地点を中心にロープを海底に十文字に張った。

③ 藻類分布調査

研究所地先

調査日：平成9年10月14日、12月2、3日、平成10年3月9日

方法等：平成8年度には潜水観察により、排水の影響下と推定される地先海域で海藻が良く繁茂し、生物的環境が良好に維持されているのを確認したが、その調査海域とその外縁部を中心に潜水による目視観察、写真撮影を実施した。

深層水の影響の有無を明らかにするため、谷水や僅かながら生活排水が流れ込む研究所北側の放水口2地点を対照地点とし、その周辺の潜水調査も同様に行った。なお、このうち対照地点Aの地先は従来からクロメがよく繁茂していた地点である。

潜堤周辺

調査日：平成10年11月10日

方法等：やや沖合の潜堤周辺の海藻を潜水により目視観察、写真撮影を実施した。

(3) 調査結果

① 冷水塊の分布拡散状況調査

水温各層観測では20cm毎の水温鉛直分布を測定し、僅少の差であるが一部に低水温の水塊が舌状に拡散する様子をとらえることができた。(図2)

② 着色深層水の分布拡散状況調査

北側試験放水：着色染料を使った拡散状況調査の結果を図3及び図4に示した。北側試験放水地点より放水された着色水塊は、沖側に向かって底層から徐々に拡散し、時間の経過とともに海岸線に沿って拡大した(図5)。さらに、潜水目視観察により岩礁の間隙に溜まっている着色水塊が確認された(図6)。

なお、翌朝には着色水塊を肉眼で確認することはできなかった。

南側試験放水：着色水塊の拡散状況を図7及び図8に示した。

放水された着色水塊は10分後まで南側に向かって広がったが、20分あたりから南側及び約100m沖の礫(A)に向かって舌状に進んだ。45分後には礫(A)に到達し、周囲を取り囲むようになった。60分後には礫(A)から南側に広がった。その後、着色水塊の主体は北側に方向を変え、陸から100m沖合まで全体的に広がった。そして2時間30分後には放水地点から約200m離れた礫(B)に達した。その後も北側方向を主体にして拡散し、4時間後には放水地点から南に約120m、沖側に150m、北側に240mまで広がった。

海底試験放水：水中での観察結果は次のとおりであった(図9、図10)。

放水直後

一部の着色水塊はダイバーの気泡で表層に押し上げられたが、ほとんどの着色水塊は底層に留まった。

5分後

底層に留まった着色水塊は徐々に浮き上がり、北流する潮流の影響を受け、主に北に向かって拡散していった。放流地点の水色(着色水塊)は周辺と明確に異なっていた。

10分後

底層の着色水塊は順次浮き上がり、北に向かって拡散を続け、着色水塊の中心は放流地点から北側に移動を開始した。

20分後

着色水塊はさらに中、表層に向かって浮き上がり、北に向かって拡散した。また、底層の着色水塊の中心は徐々に北側に移動した。

30分後

表層付近の着色水塊は北東の風の影響を受け、西側に広がり始めた。また、底層の中心はさらに北側に移動しつつあった。

40分後

表層の着色水塊はさらに西側に拡散。中・底層の着色水塊は沖合の潜堤に達した。

50分後

表層の着色水塊は南に向かって拡散し始めた。潜堤に達した着色水塊は潜堤の上や間隙を通過して沖合に広がっていったが、沖合の着色は陸側に比べて薄かった。

60分後

表層の着色水塊はさらに南に向かって拡散した、底層の着色水塊の中心はさらに北側に移動したが、周囲との差は不明瞭になってきた。潜堤の沖側、陸側の着色の程度はほぼ同じとなった。

90分後

表層の着色水塊はさらに南に拡散したが、底層、中層、表層とも着色の境界は不明瞭となった。

③ 藻類分布調査

研究所地先

4回の潜水目視観察により、広範囲にわたる海藻群落の分布がほぼ明らかとなった。その結果、地先海域の根石や岩礁に着生する海藻の被覆度が高かった主要海藻は、テングサ、ホンダワラ及びクロメであった。(図11~14) 研究所地先海岸では、付近に砂の供給源がほとんどなく、水深8m付近までは砂の堆積が比較的少なく、転石、岩礁で構成されている。この水深8mラインまでは、深層水の排水の影響下にあると思われる地点で、

転石、岩礁の区別なく被覆度の高い傾向がみられた。すなわち、潮間帯の海藻植生はクロメ、ピリヒバ、オバクサ、ヒラネジモク、ヒメテングサ、ヘラヤハズ、フクロノリ、サビ亜科の数種などが生育しており、クロメとピリヒバでは局地的に被覆度の高い部分があった。漸深帯の海藻植生はテングサ、ピリヒバ、ヒメテングサ、トゲモク、ヒラネジモク、サビ亜科の数種などがみられ、テングサの群落形成が顕著であった（図15）。潮間帯ではホンダワラとクロメが、漸深帯ではテングサが卓越しており、いずれも二カ所の排水放水地点の周辺でその被覆度は高く、離れるに従って低くなる傾向がみられた。一方、北側放水地点から北側へ約500、1000m離れた対照地点水尻、岩谷対照地点の地先はセッカイソウの被覆度が高く、明らかに磯焼け状態であった。また、研究所地先によく繁茂していたホンダワラ類はほとんどなく、テングサが僅かに観察されたのみであった。さらに、対照地点水尻に繁茂していたと云われるクロメ群落は、完全に消失していた。

潜堤周辺

図9に示す調査海域の海底状況を図16に、また目視による海藻の観察結果を表1に示した。この海域では11月は海藻が少ない時期にあたり、また底質は砂利混じりの転石帯であるため大型の海藻は潜堤より陸側で観察されたトゲモクのみで、それ以外はマクサ及びセッカイソウと植生は貧困であった。

(4) 考 察

着色深層水の北側での試験放水は上げ潮時であったため、横方向の拡がりには北側に偏っていたが、今回の結果から深層水は一部表層水と混合されるものの、その密度差によって海底に沈み込み、天然の岩礁で囲まれているやや閉鎖的傾向のみられる一定の範囲内に冷水塊の状態が存在し、緩やかに表層水と混合し、海岸線に沿って拡散していくものと推察された。

また、南側からの試験放水では調査時が下げ潮であったため、放水直後は南側に拡がったが、少

し沖になると表層水と混合しながら北側に方向を替え、北側を主体に拡がっていった。一般にこの海域は北側方向への「のぼり潮」が主体であるため、研究所からの通常の排水は北側方向に拡がっていることが考えられる。

陸側から5トン程度の少量の試験放水にもかかわらず、陸側、沖側とも予想以上の拡がり確認でき、日量800トン程度の排水とはいえ、その影響範囲は比較的広範囲であることが推察された。

さらに、海底地形が比較的単調で傾斜が緩く、しかも前面に遮蔽物（潜堤）がある海底で放水すると、深層水は一定の場所に滞留することなく、底層を這うように移動する水塊と中・表層に向かう水塊に分かれ、潮流や風の影響を受けながら全体的に拡がった。その中で潜堤に達した深層水は滞留することなく、主体は上昇して潜堤を越え、沖側に移動した。この現象は関西総合環境センターのシミュレーション結果とほぼ一致した。

研究所設置以前のこの地先の藻相が不明なため、深層水による肥沃効果と断定できないが、深層水の滞留する影響域では周辺と比較して、ホンダワラ類やテングサ類が繁茂し、良好な藻場が形成されていたことから、深層水が関与している可能性は高い。特に、ホンダワラ類の分布範囲と着色深層水の影響範囲がよく一致し、セッカイソウ分布範囲とは負の関係が認められた。テングサ類は着色深層水の影響範囲よりやや広範囲に分布が認められた。これが深層水の影響によるものかどうか、もしそうだとすれば正の関係をもたらず要素は何かを明らかにすることが課題として残された。このような要素を明らかにすることは深層水放水の環境に及ぼす影響を予測する場合の重要な構成要素になると考えられる。

また、将来現場実験を行う場合、陸からの2回の着色水塊の拡散結果からその影響範囲は予想より広いことが考えられるので、肥沃可能範囲の設定については十分検討する必要がある。

全国的に藻場の衰退が問題になっている中、高知県においても平成6年夏の長雨、平成7年夏の高水温により沿岸藻場の衰退が急速に進んでおり、

過去カジメ藻場造成に成功し、10年以上藻場を形成していた場所が2～3年で消滅した例もある。このような状況のなかで、研究所地先においてホンダワラ類、テングサ類が繁茂していることは、深層水の低温安定性、富栄養性が海藻の安定化に寄与していることが推察される。

さらに、北側排水池点からやや北側に存在したクロメは平成8年の3回の台風でほとんど流失し、

また、研究所東側地先でホンダワラ類やテングサ類に混在していたクロメも8、9年の台風の被害は免れたが、平成10年9月22日に室戸沖を通過した台風7号でほぼ消滅した。このように葉体や茎部の大きな多年生の大型海藻は波浪の影響を受けやすく、今後は海域の肥沃化と連携した外海域での藻場造成技術の開発も必要と考えられる。

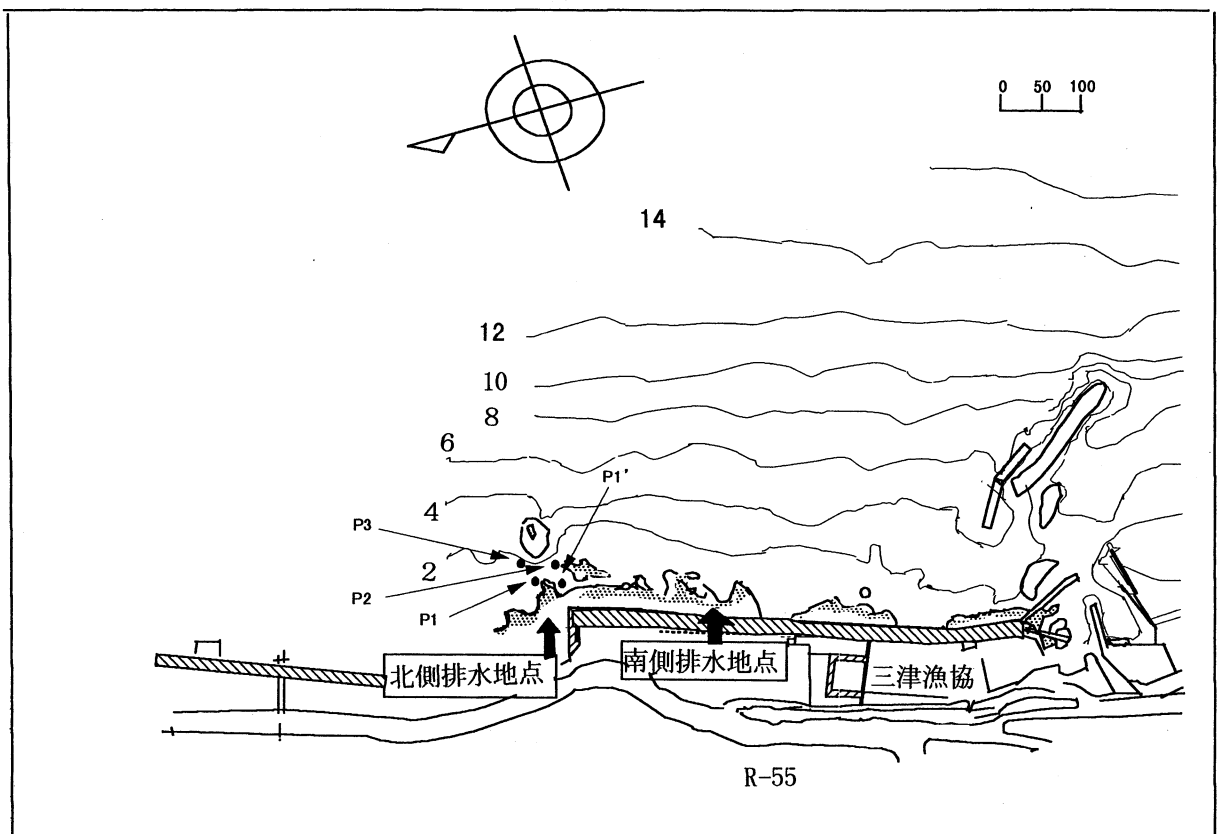


図1 放水ならびに海洋深層水拡散状況調査地点

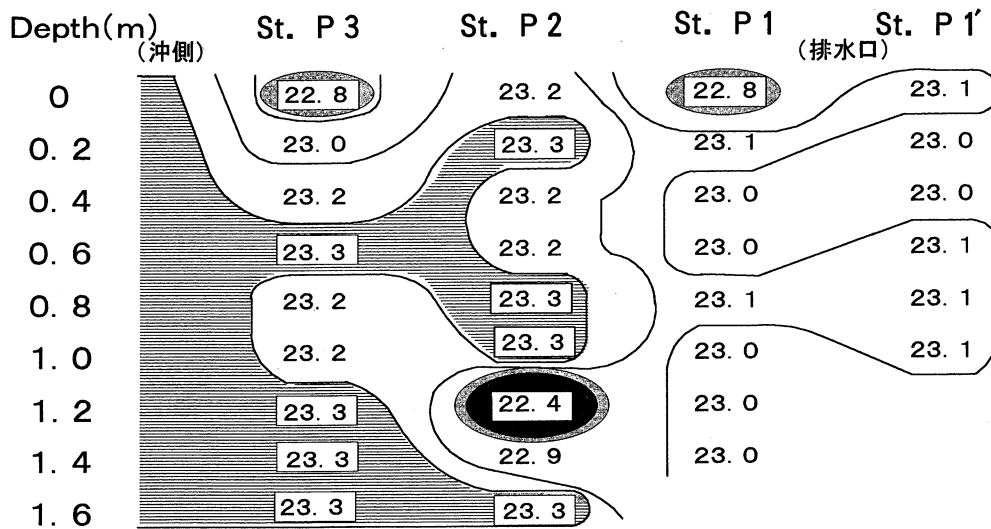


図2 研究所北側排水口付近の水温鉛直分布
(調査実施日 平成9年10月28日 13:30~14:00)

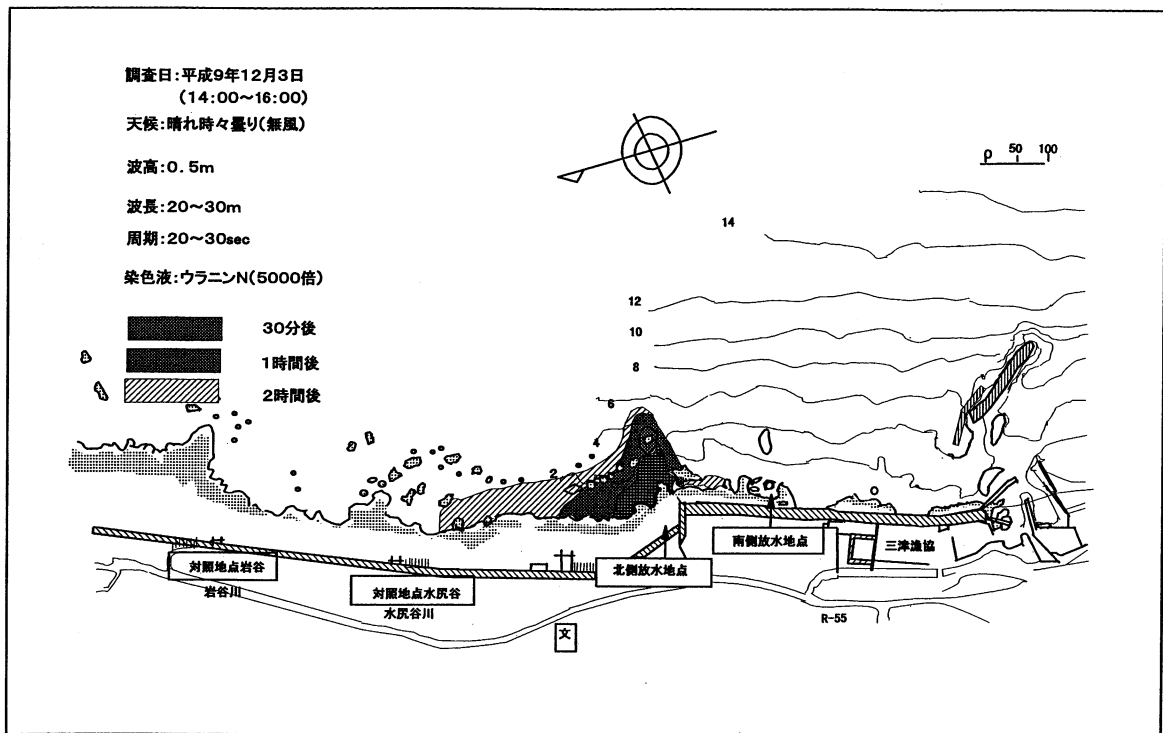


図3 研究所排水の拡散状況

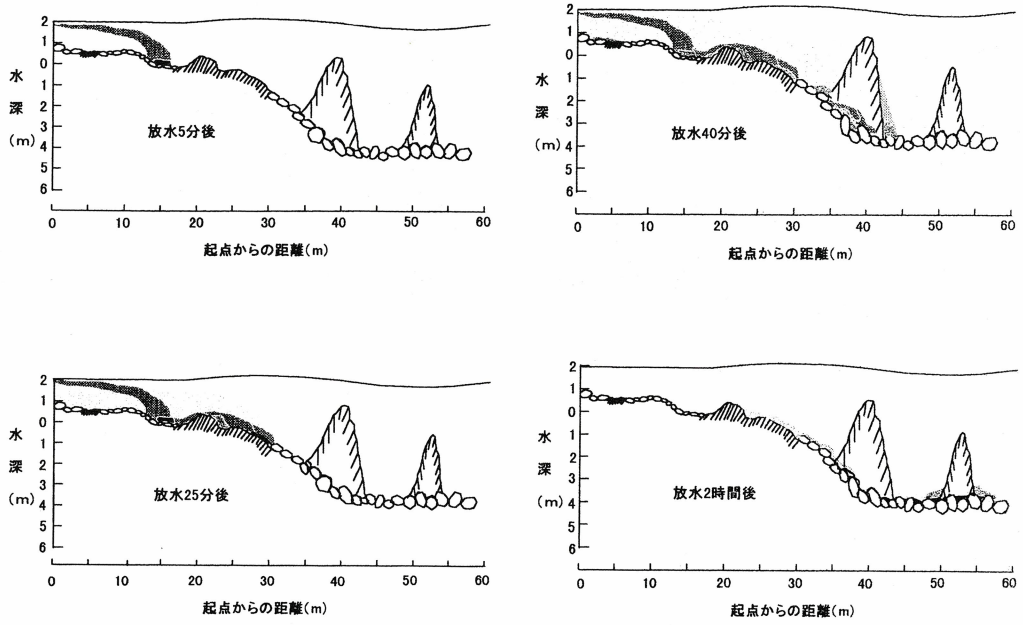


図4 着色深層水の水中での動態



放水直後



放水5分後



放水10分後



放水20分後

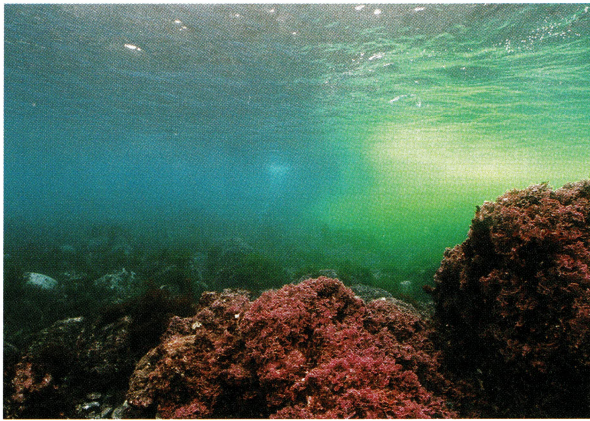


放水30分後

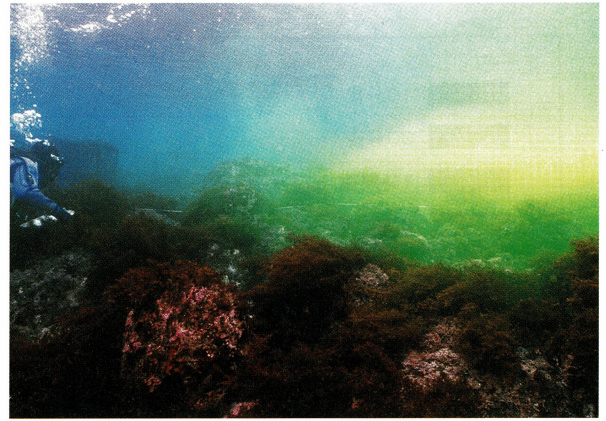


放水1時間後

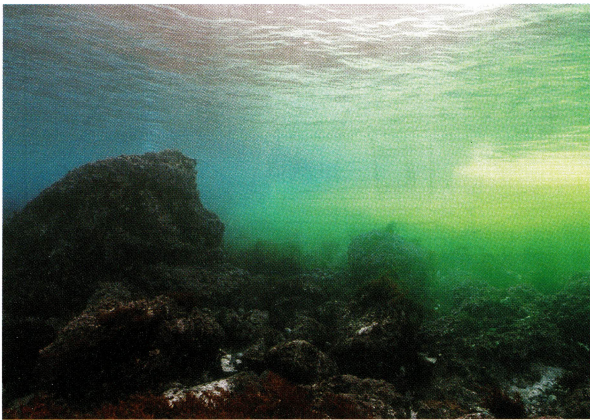
図5 着色水塊の拡散状況（北側排水地点からの海面放水）
（平成9年12月3日）



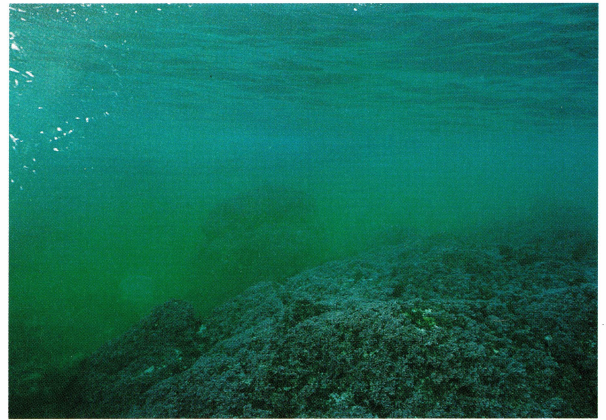
放水25分後(2.2m)



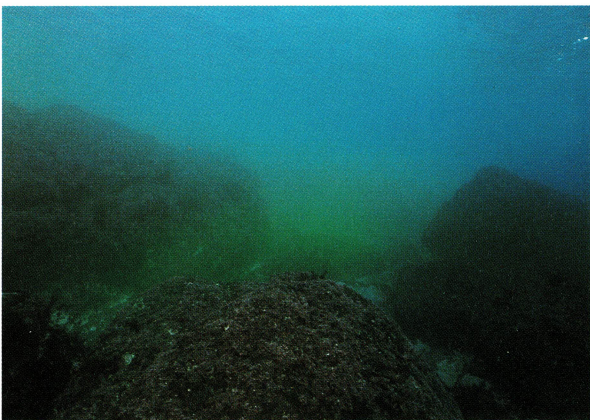
放水30分後(2.6m)



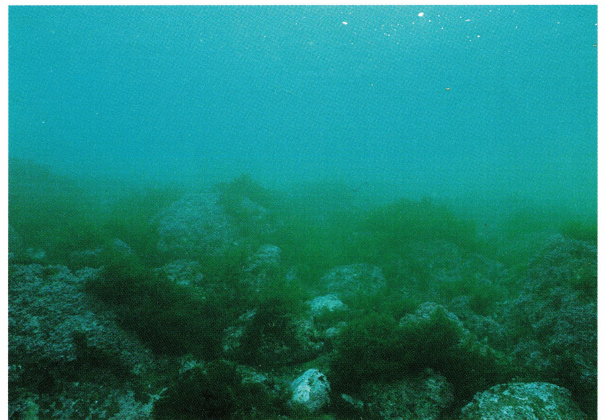
放水35分後(2.9m)



放水2時間後(5.8m)



放水2時間後(5.2m)



放水2時間後(1.7m)

図6 着色水塊の水中での動態（北側排水地点からの海面放水）
（写真下の数字は水深を示す）

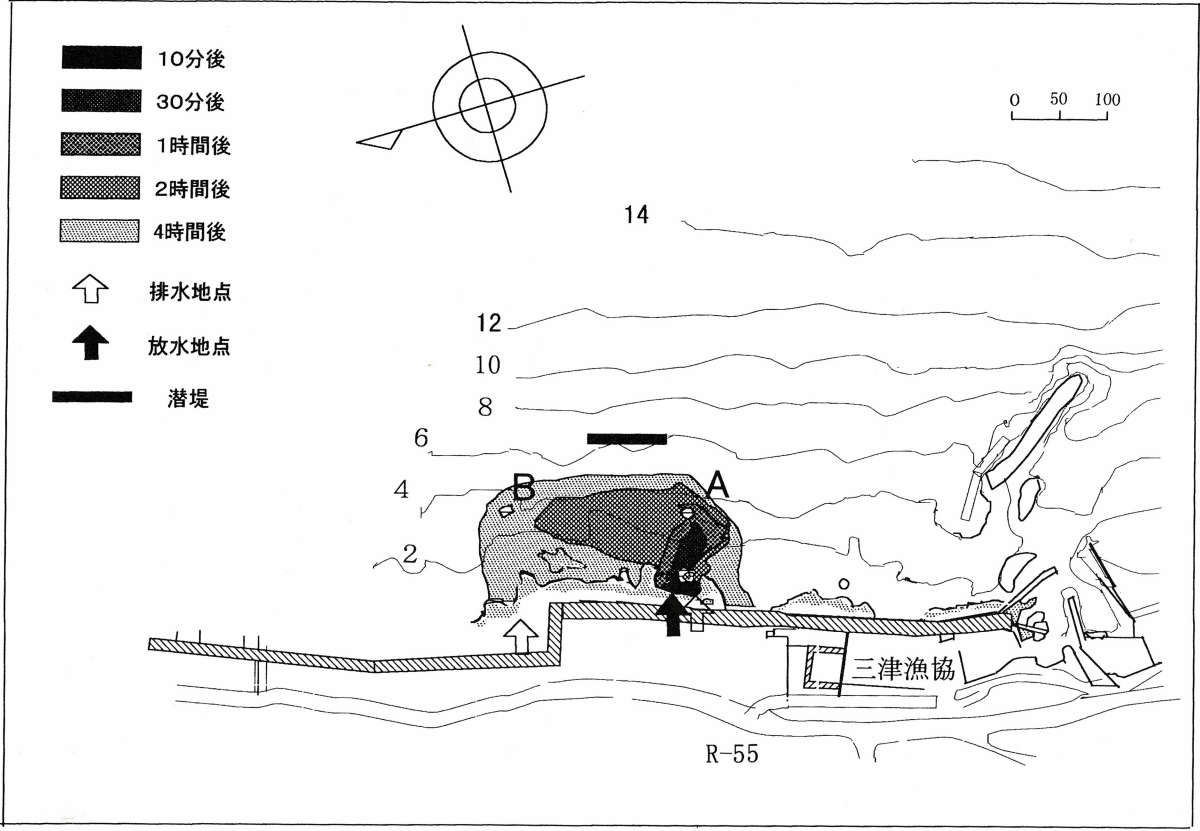
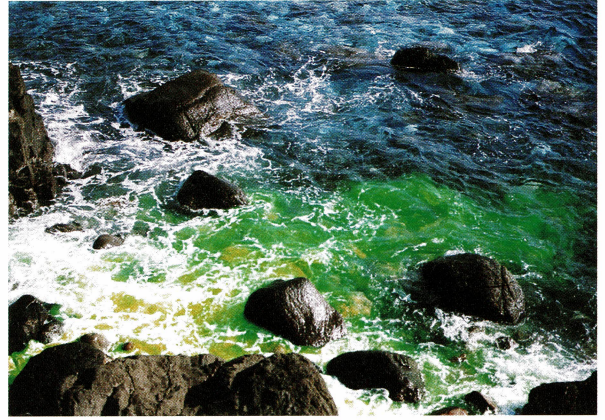


図7 着色水塊の拡散状況



放水直後



放水1分後



放水10分後



放水20分後



放水30分後



放水60分後

図8 着色水塊の拡散状況（南側排水地点から海面放水）
（平成11年1月7日）

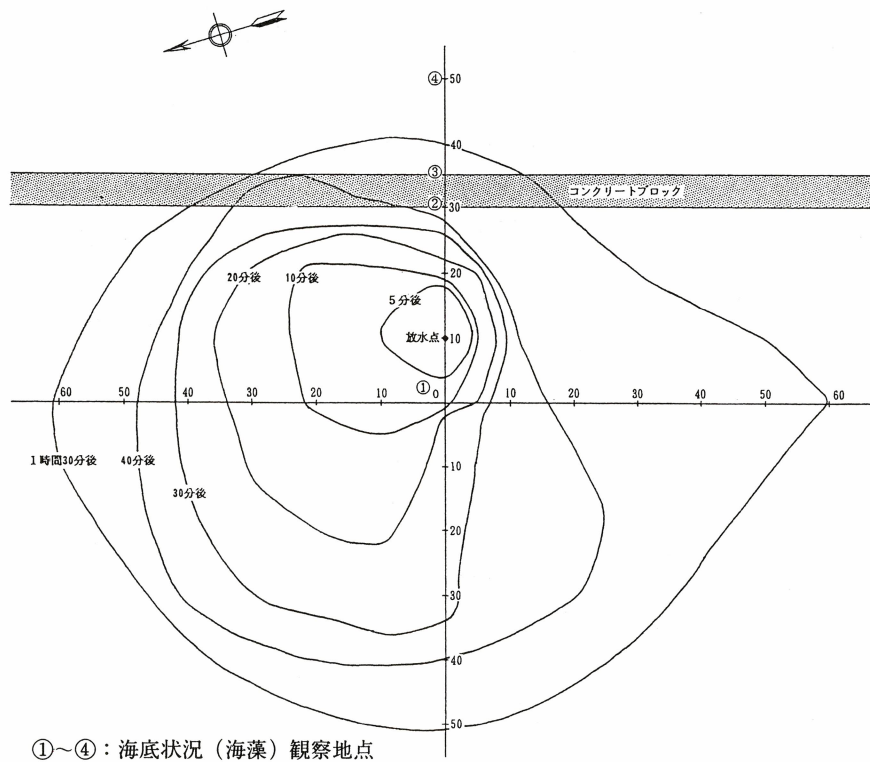


図9 着色水塊の海底での拡散状況と海底状況観測地点

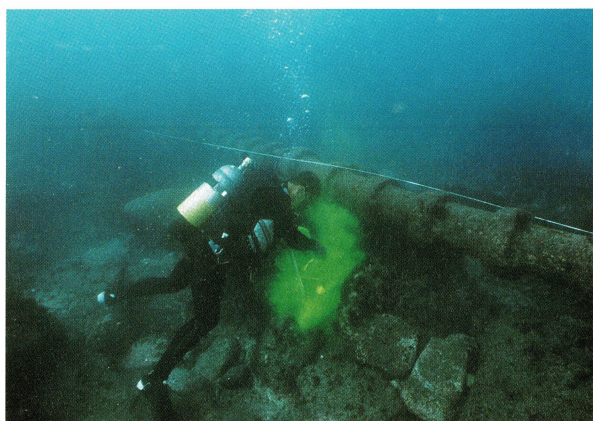
表1 潜堤付近の海藻観察結果

調査地点	①	②		③	④
		上層	下層		
調査時水深(m)	6.6	6.3	7.6	6.6	9.0
種名/底質	転・玉石	ブロック	転石	ブロック	転・砂利
シオグサ属				+	
アミジグサ科	+				5
トゲモク	20				
タマイタダキ					
マクサ	30	40		20	40
オニクサ				+	
カニノテ属	10	20		30	20
サビ亜科	10	10			10
サシゴモ科	5				+
ツノマタ属					+
ユカリ					+
アヤニシキ				+	
被度合計(%)	75	70	0	50	80

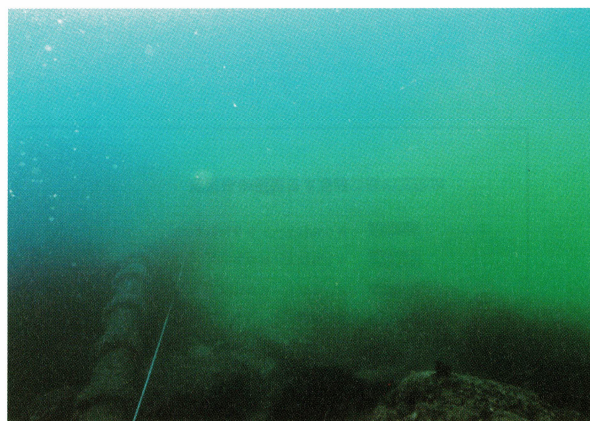
単位：被度(%)、+は2.5%未満を示す。

調査地点：①；潜堤より岸側30m、②；潜堤岸側面上層および下層

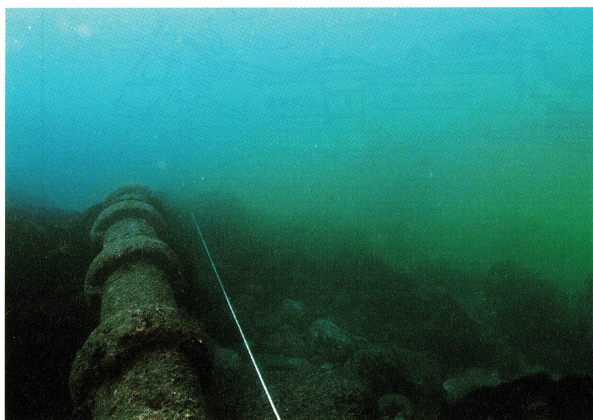
③；潜堤沖側上層、④；潜堤より沖側20m



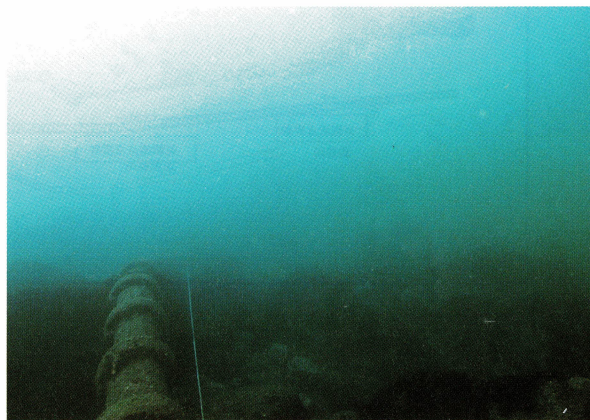
放水直後(放水地点)



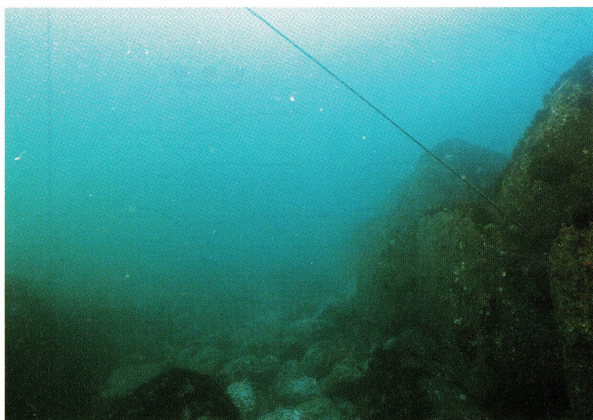
放水10分後(放水地点)



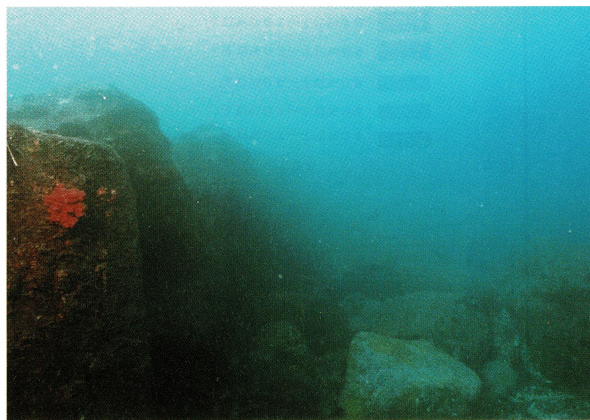
放水30分後(放水地点)



放水60分後(放水地点)



放水60分後(潜堤陸側)



放水60分後(潜堤沖側)

図10 着色水塊の水中での動態 (海底放水)
(平成10年11月10日)

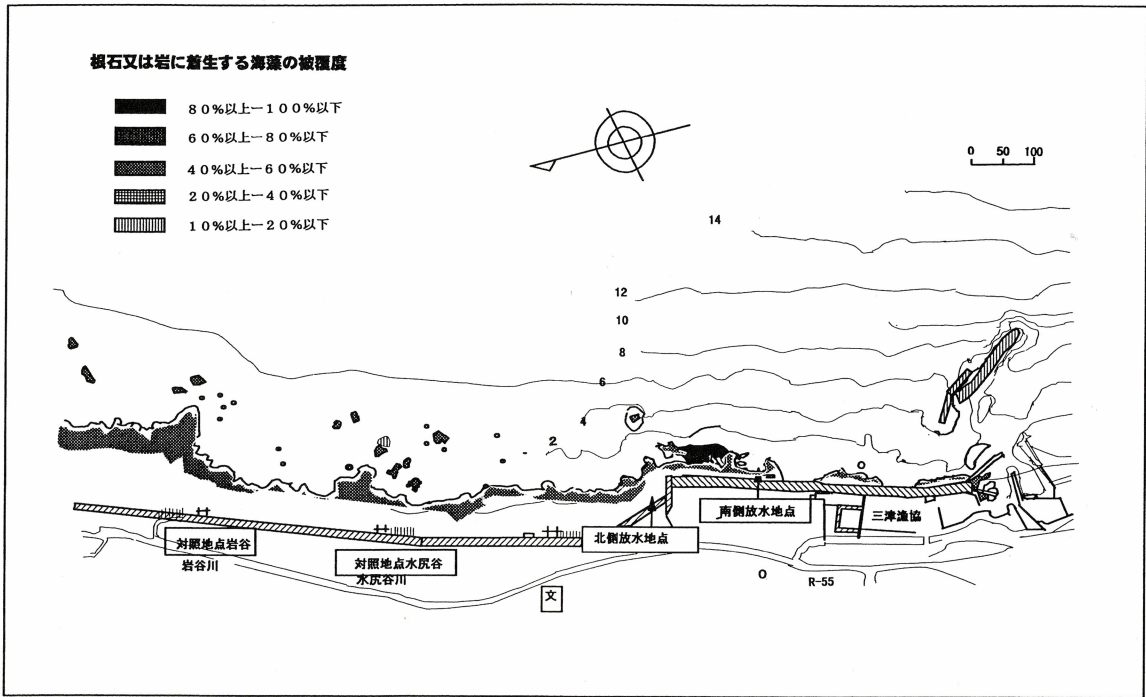


図11 海洋深層水研究所地先におけるクロメの分布状況

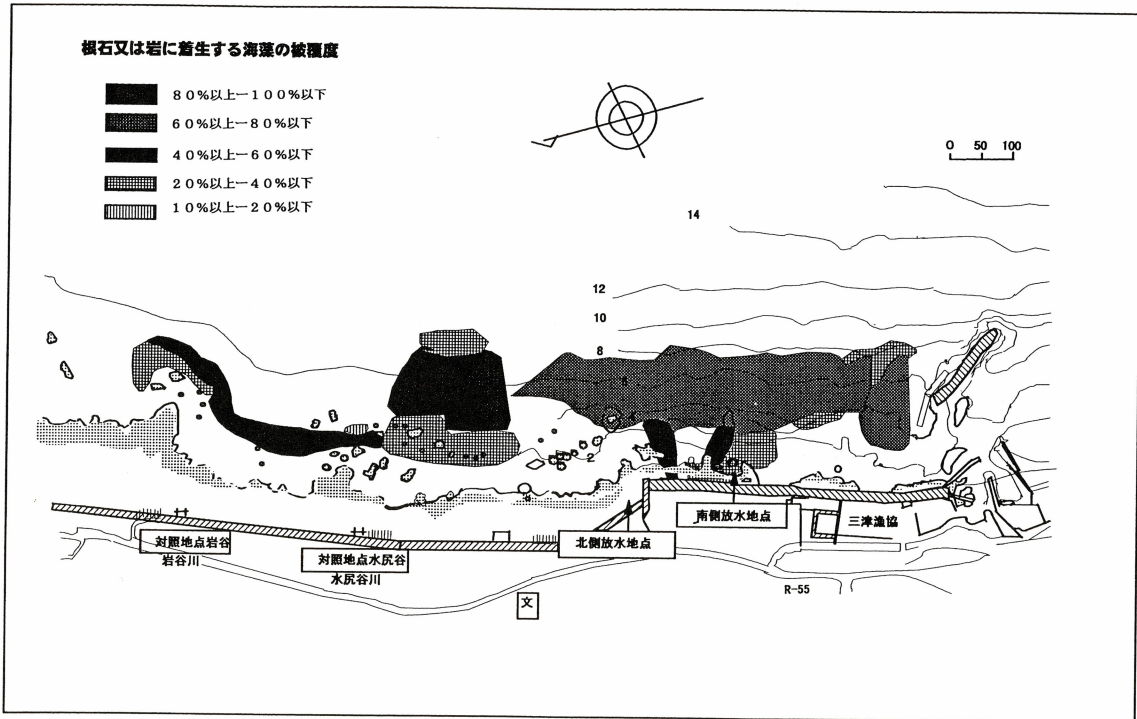


図12 海洋深層水研究所地先におけるテングサの分布状況

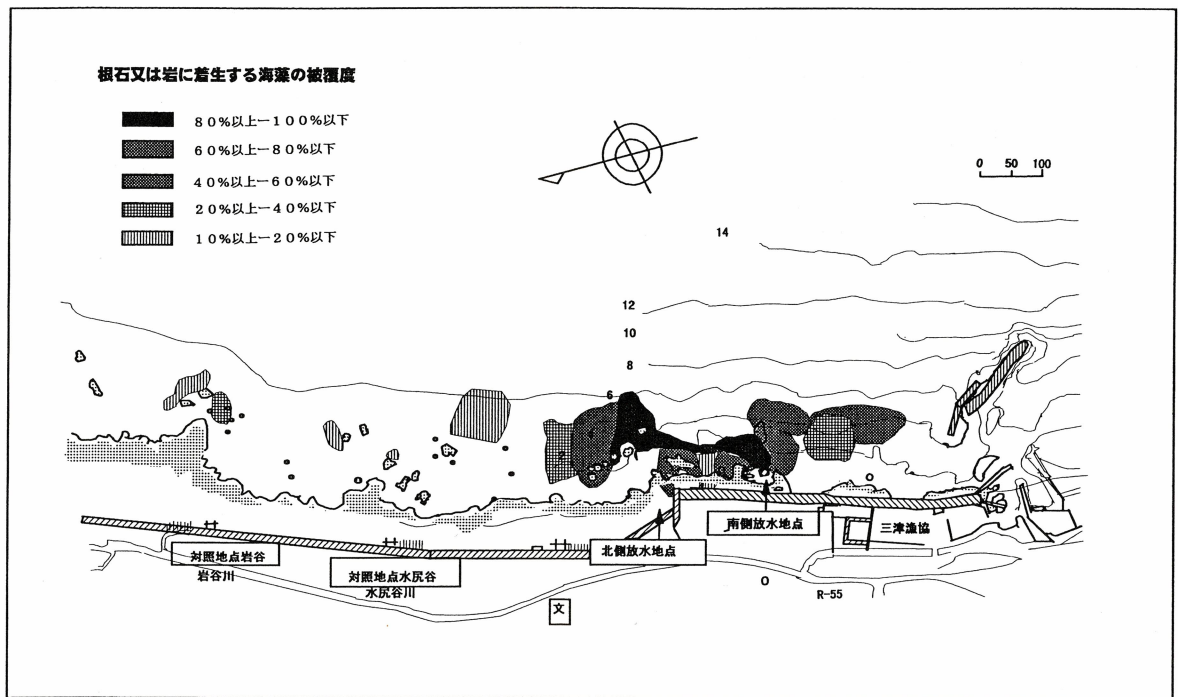


図13 海洋深層水研究所地先におけるホンダワラの分布状況

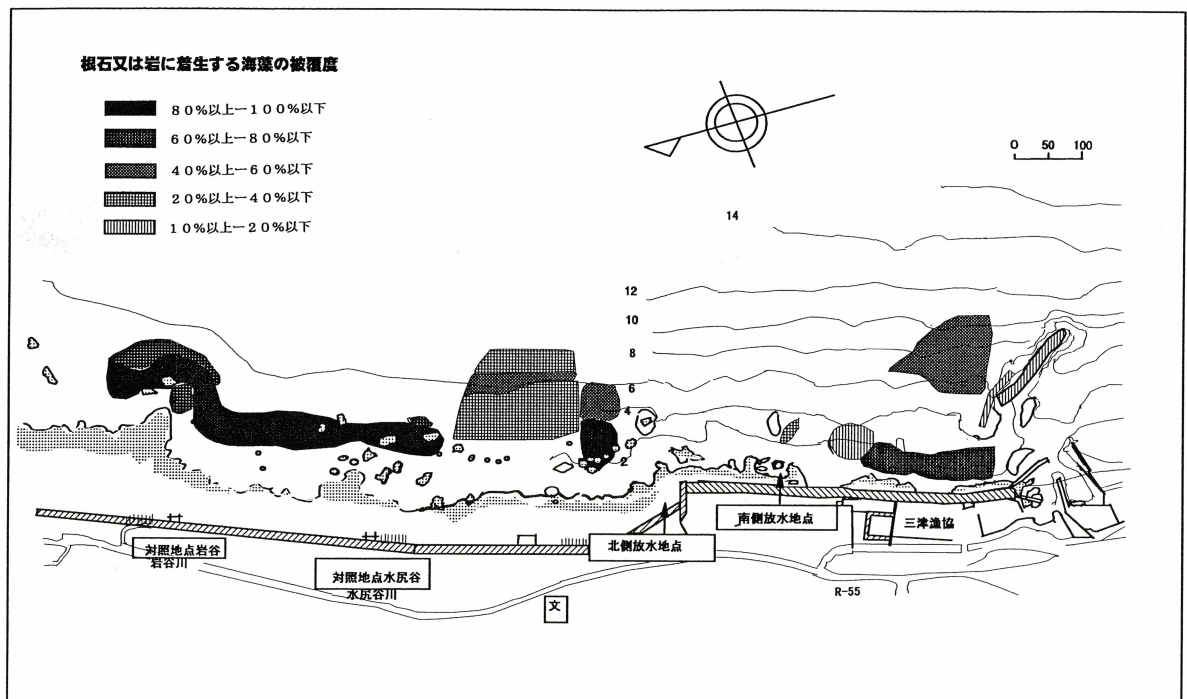
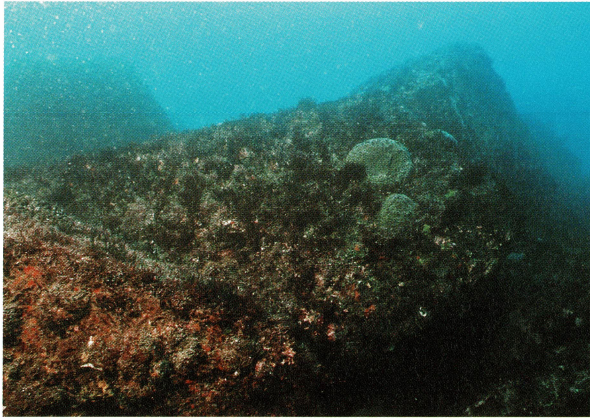
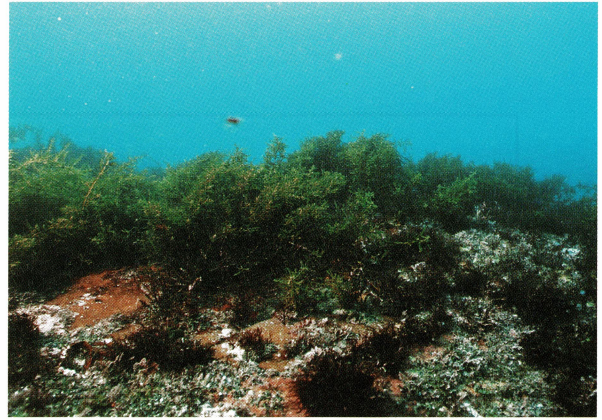


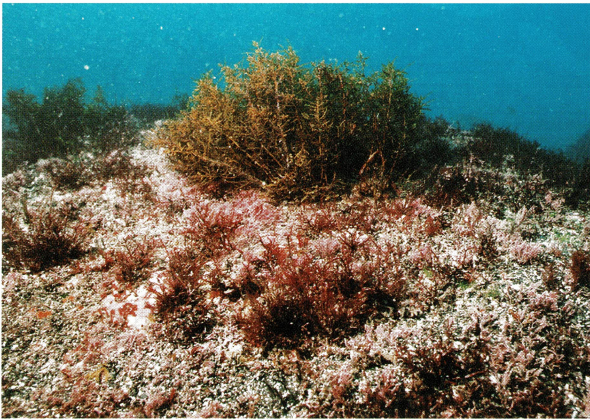
図14 海洋深層水研究所地先におけるセッカイトウの分布状況



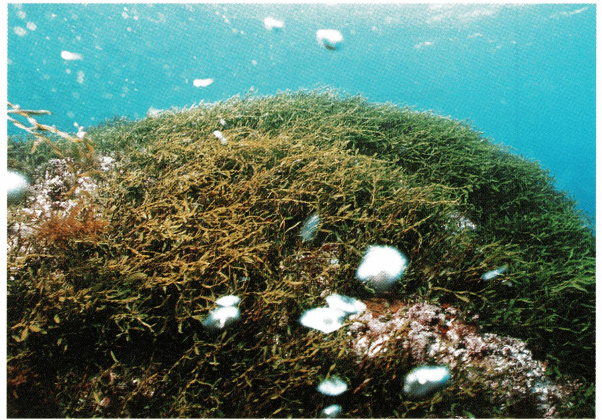
マクサ、ピリヒバ(6.6m)



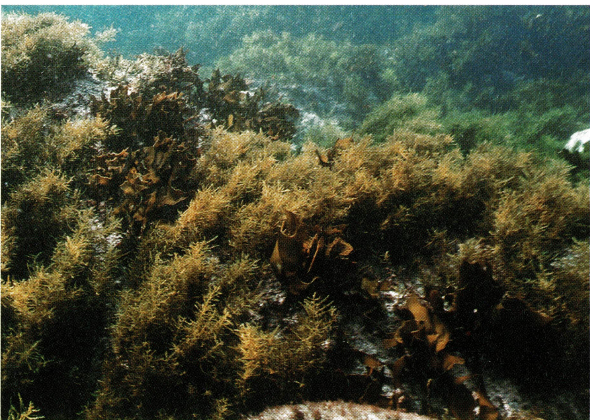
トゲモク(5.6m)



トゲモク、マクサ、ピリヒバ(6.0m)



ヒラネジモク(2.5m)

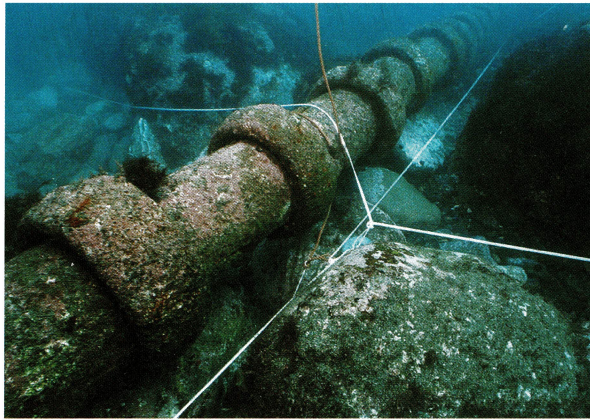


カジメ、トゲモク(1.8m)



トゲモク(3.6m)

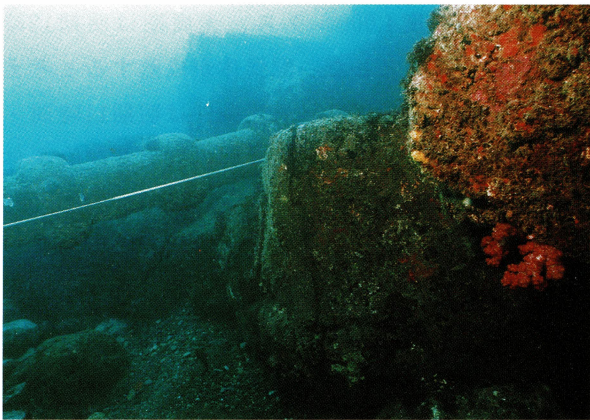
図15 平成9年12月2日調査時の北側試験放水地点地先の代表的植生
(写真下の数字は水深を示す)



試験放水地点
(海藻観察場所①)



潜堤陸側上層
(海藻観察場所②)



潜堤陸側下層
(海藻観察場所②)



潜堤沖側上層
(海藻観察場所③)



潜堤沖側下層



潜堤より沖側20m
(海藻観察場所④)

図16 放水海域の海底状況
(平成10年11月10日)