

四国東部のサンゴ生息海域における 環境改善方針についての検討

THE IMPROVEMENT PLANS FOR ENVIRONMENT ON THE
INHABITANT SEA AREA OF CORAL IN THE EAST SHIKOKU DISTRICT

中野晋¹・安芸浩資²・内田紘臣³・御前洋⁴・川口始⁵・小笠義照⁶
Susumu NAKANO, Hiroshi AKI, Hiroomi UCHIDA,
Hiroshi MISAKI, Hajime KAWAGUCHI, Yoshiteru OGASA

¹正会員 博(工) 徳島大学助教授 工学部建設工学科 (〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町 2-1)

²正会員 工修 ニタコンサルタント株式会社 環境部課長 (〒771-0122 徳島県徳島市川内町鈴江西 38-2)

³理博 株式会社串本海中公園センター取締役館長 (〒649-3514 和歌山県西牟婁郡串本町有田 1157)

⁴株式会社串本海中公園センター学術部部长 (〒649-3514 和歌山県西牟婁郡串本町有田 1157)

⁵徳島県県民環境部自然共生室主査兼係長 (〒770-8570 徳島県徳島市万代町 1-1)

⁶ニタコンサルタント株式会社 環境部次長 (〒771-0122 徳島県徳島市川内町鈴江西 38-2)

The main object of this research settles on the improvement plans for environment on a coral sea area around Awa-Takegashima underwater park in The East Shikoku district. Many people have pointed out the decrease and the change on the coral around this park in the past thirty years since 1972, when this sea area was designated for one of the underwater parks. We investigated the social, the nature and the stream conditions around this sea area.

KEY Words : restoring nature, coral, planning, basic principle, tide, environmental estimation, field study

1. はじめに

近年, 特に 1997 年以降, 河川法や海岸法, 港湾法が環境保護型に改変されるなど, 環境に対する社会的価値観や政策が大きく変化している. 2001 年には「21 世紀『環の国』づくり会議」において, 失われた自然を積極的に再生する取組みを公共事業のテーマとする方針が打ち出され, さらに, 2002 年には自然再生を実行することを担保するための「自然再生推進法」が成立し, 2003 年 1 月から施行されている.

自然再生推進法では, 自然環境との調和を図るだけでなく, 積極的に再生・回復させた健全な状態を持続させるための枠組み作りもその範疇としている. したがって, この法律に則り, 例えば, ある水域で自然再生を行うためには, その水域だけでなく, 周辺の森林・河川域から沿岸・外洋域という広い範囲を対象とし, 社会特性や自然特性を把握する必要がある. また, 環境的側面だけでなく, 防災や漁業・観光等の観点をもふまえ, 総合的な見地から, 地域に合った改善計画を立案するに加えて, 環境教育等により地域住民の理解と協働を得ることが必須とな

ろう.

本研究では, 徳島県海部郡穴喰町にある阿波竹ヶ島海中公園の周辺海域の自然再生を対象とする. 阿波竹ヶ島海中公園 (以下, 竹ヶ島海中公園と称する) は, 北は徳島県の橘湾から南は高知県の室戸岬一帯, 延長 200km に及ぶ室戸阿南海岸国定公園のほぼ中央部に位置し 1972 年に海中公園として指定された. 当海中公園のサンゴを中心とする生産性の高い生物群集や, アマモ等の藻場は, 水産資源の供給源としても貴重である. しかし, 近年, 生息するサンゴ種の変化やサンゴの分布面積の減少が指摘されており, このまま放置した場合, 海中公園としての資質が失われる危惧が高まっている.

この問題に対して, 著者らは, 当海域周辺の社会・自然環境調査と, 地域住民の海辺に対する今後のあり方と現状意識をつかむため穴喰町及び高知県東洋町の住民を対象にしたアンケート調査 (配布数 1000, 回収率 25%) を行った. また, 空中写真判読等から海域におけるサンゴの分布状況の変遷を把握した. さらには, 当海域の流況を知るために現地観測と実施するとともに, 平面二次元潮流解析を実施した.

本論文では、これらの結果を示すとともに、当海域の環境改善方針について海面利用などを踏まえて検討した結果を報告する。

2. 社会・自然環境調査

(1) 社会・自然環境の概要

調査海域は、四国東部に位置し（図-1 参照）、徳島県穴喰町（人口 3,664 人）と高知県東洋町（人口 3,702 人）に接する。

気候面では、黒潮の影響により、夏に涼しく冬に暖かい南国的な特徴を持つ。平均気温は、 16.3°C （1978 年～2003 年）と比較的暖かい。降雨量は、最小 2259mm（1995 年）、最大 4504mm（1998 年）と年ごとにばらつきが大きく、最近の 10 年間での年間の平均降雨量は 3130mm である。

観光面では、竹ヶ島海中公園を周遊する海中観光船ブルーマリン号が、1988 年に就航し、年間約 13,000 人（2002 年調べ）に利用されている。さらに、当海域は日本有数のダイビングスポットでもあり、ブルーマリン号の船底からは、サンゴや熱帯魚の姿を楽しむことができるなど、周辺の水床湾や、全国屈指のサーフポイントとして賑わう生見海岸などと併せ、観光資源に富んだ地域である。1995 年には、穴喰町竹ヶ島に、「ふれ合い水槽」や「マリンシアター」などの海に関する様々な施設が備えられた海洋博物館「マリンジャム」が開園するなど、地域の活性化に役立っている。

漁業面では、当海域には、竹ヶ島漁港（徳島県）と甲浦港（高知県）がある。竹ヶ島漁港は古くから漁船の船溜まりとして活用され、主な漁業は、近海マグロの延縄とぶり・鯛等の海面養殖である。甲浦港は、現在、土佐沖から紀州潮岬までを漁場に沿岸における一本釣り、はえなわ、定置網、刺し網漁業などが行われており、その主な魚種はマグロやカツオである。

漁港施設整備としては、海中公園指定前にあたる 1970 年以降、1996 年までの間に、係留施設や防波堤等の主だった外郭施設の整備が行われており、現在の活発な海面利用に貢献している。

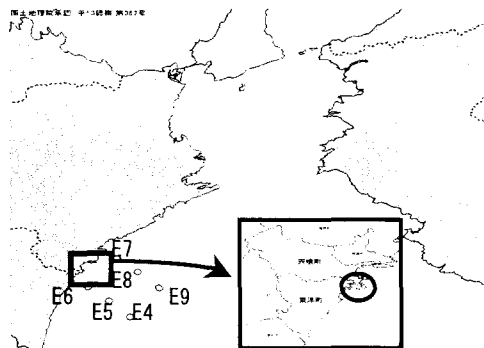
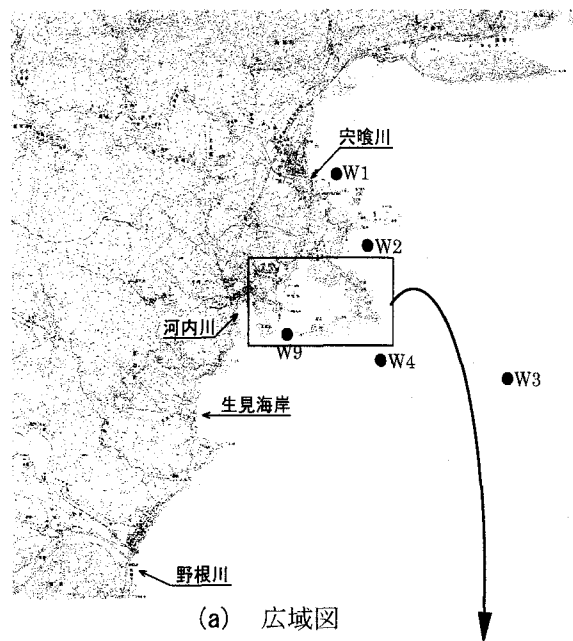
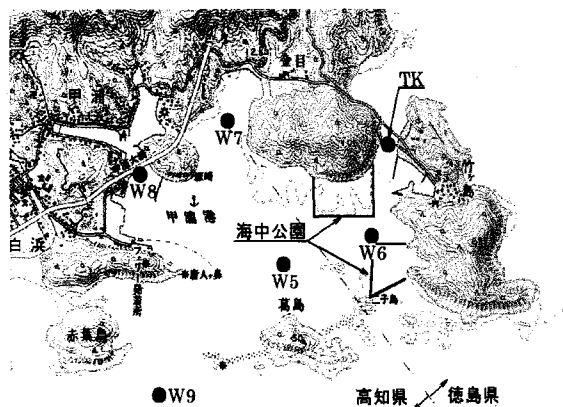


図-1 調査海域位置図



(a) 広域図



(b) 海中公園付近

図-2 調査海域と調査箇所

(2) 地元住民意識調査

海辺環境に対する住民意識を把握するために、2003 年 12 月 23 日～2004 年 1 月 23 日の 1 ヶ月の期間でアンケート調査を実施した。対象地区は穴喰町全体と東洋町（生見、河内、甲浦、白浜の 4 地区）から併せて 1,000 世帯を電話帳より無作為に抽出した。アンケートの主な内容は、「竹ヶ島周辺の海辺」と「竹ヶ島海中公園」の現状と今後の役割についてである。248 人から有効な回答が得られた。主要な集計結果を図-3 に示した。

図-3 を見ると、「海辺」、「海中公園」とともに、その利用目的は娯楽・観光面が中心であることがわかる。また、海中公園に期待されている今後の役割としては、海洋や海洋生物とのふれあいを体験できる「地域の代表的な観光地（施設）」という位置付けにあることが読み取れる。海辺に関しては、海辺を利用する人たちのモラルの向上（ゴミを捨てない等）を図るべきだとする意見が際だって多く、海辺利用者に対する環境教育等の重要性が示唆されている。

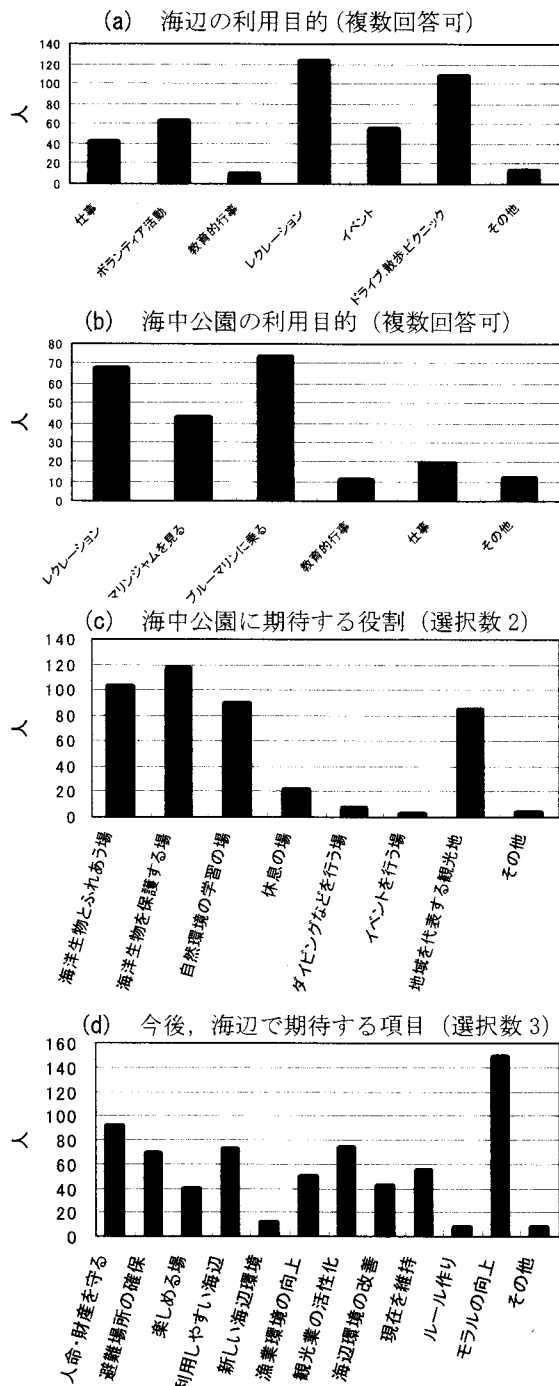


図-3 アンケート集計結果

(3) サンゴ分布の変遷

2003年9月に実施した現地での分布調査と、1975年、1994年、2003年の空中写真判読、および地元住民からの聞き取りにより1975年当時と2003年（現在）のサンゴ分布状況図を作成した（図-4～図-5）。図から現在までの約30年間での主な変化として、サンゴ被度、および分布面積が全体的に減少傾向にあること、および比較的濁りに強いカワラサンゴを優占種とする範囲が増大していることの2点があげられる。その他、海藻種についても、ウミヒルモからアマモに変化しているとの知見も得られており、1970年頃以降の社会自然環境の変化が、当海域の最

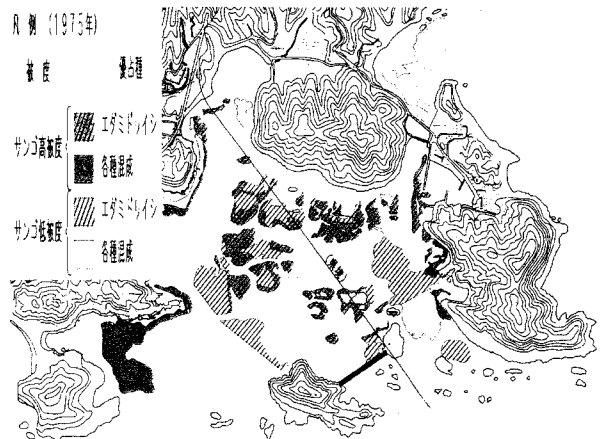


図-4 1975年頃のサンゴ分布

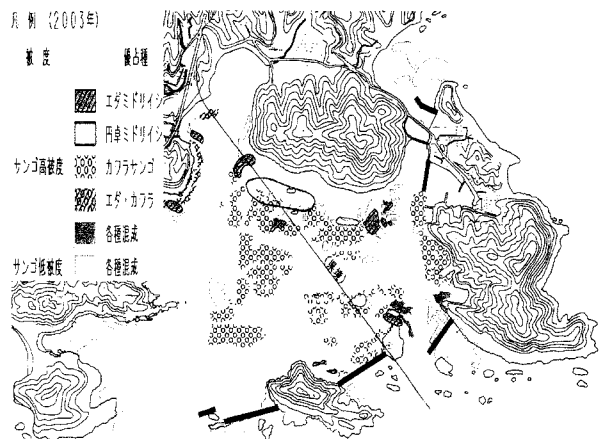


図-5 現在(2003年)のサンゴ分布

重要種であったエダミドリシの生息にとって好ましくないものであったことを示す結果となっている。

(4) 海中公園周辺海域の流況

a) 流況

本調査では、海中公園周辺の流況を知るために、2003年8月20日～2003年9月4日の15昼夜の流況観測を実施した。観測点は外湾域W4(2深度)、内湾域W6(2深度)、TK(1深度)である（図-2を参照）。図-6に流向出現頻度を、図-7には流向別の平均流速を示した。ここで、W4、W6については2深度での観測値を平均したものである。内湾域TKではN-S流が、W6では幾分ESE-WNW流が多いようであるが、概ね同一の出現頻度である。また、外湾域のW4ではE-W流が卓越する結果となっている。なお、表-1は15昼夜での恒流成分を示したもので、東向きと北向きの流れを、それぞれプラスで表示した。表より、内湾域のTKとW6での流速値は、外湾域W4の約1/5～1/10程度であり、流況面での内湾域と外湾域での違いが認識できる。

b) 流況変化

1970年以降、湾内で建設された主な沿岸構造物を表-2に示した。二子島防波堤⑥建設以降、近年の約30年間で急激に沿岸構造物の整備が行われている。これらの構造物が、内湾化を助長する働きをするこ

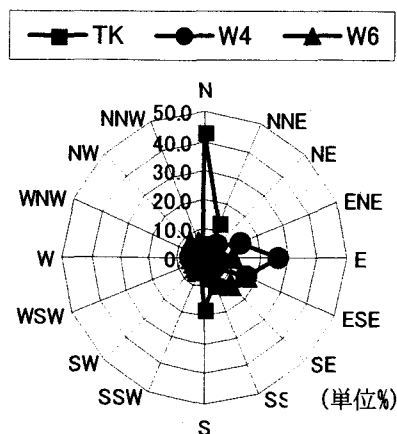


図-6 流向出現頻度

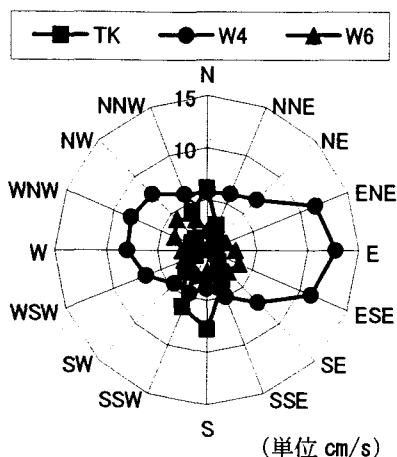


図-7 流向別平均流速

表-1 各観測点での恒流成分 (単位 cm/s)

	TK	W4	W6
恒流 EW	0.25	5.75	0.54
恒流 NS	1.07	0.68	0.29

とは、それぞれの構造物の機能・役割から明らかであるが、海域環境の改善方針を策定するにあたっては、それらの影響度合いを明確にすることが不可欠となる。そのため、1975年頃(⑥のみ)、1985年頃(③～⑥)、1990年頃(②～⑥)、そして現在(①～⑥)の4つの年代に対して平面二次元場での潮流解析を行った。本来、海底地形起伏が激しい当海域では、三次元シミュレーションが適切と考えられるが、ここでは、評価の主対象としている海域(湾内)の水深が概ね10m未満(低潮時)であることから、時間的メリットに優れる、二次元場での評価を実施した。

二次元潮流解析の対象期間は、現地で流況観測を行っている2003年8月20日～2003年9月4日の15昼夜とした。解析条件としては、陸側境界に河川流入〔宋喰川($Q=6.0\text{m}^3/\text{s}$)、河内川($Q=2.0\text{m}^3/\text{s}$)、野根川($Q=6.0\text{m}^3/\text{s}$)〕を、海側境界には流況に対して最も支配的な要素と考えられる潮汐変動のみを与え

表-2 沿岸構造物の建設年代

- ①. 消波ブロック(テトラ)112m
1993～96年(平成5年～平成8年)
- ②. 外防波堤131.5m
1984～88年(昭和59年～昭和63年)
- ③. 葛島2号防波堤
1981～85年(昭和56年～昭和60年)
- ④. 北防波堤110m
1973～79年(昭和48年～昭和54年)
- ⑤. 葛島防波堤
1975～80年(昭和50年～昭和55年)
- ⑥. 二子島防波堤
1970～74年(昭和45年～昭和49年)

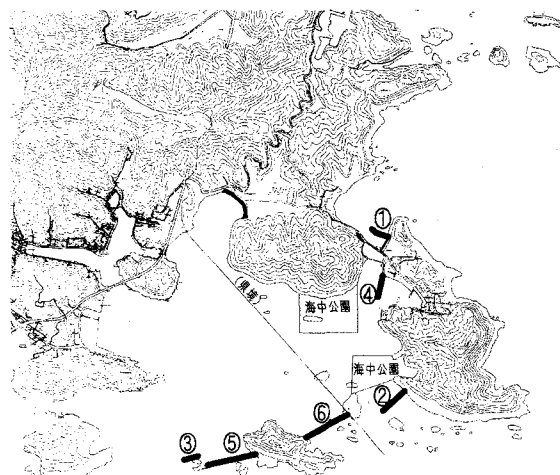


図-8 海中公園周辺の沿岸構造物建設履歴

た。また、TK点近傍で観測した風場を解析領域全体に一樣に与えた。

二次元場での潮流解析の妥当性を検証するために流況の観測値と解析値を比較し図-9に示した。図中の観測値は、10分潮での調和分析結果である。図より、内湾域にあたるTKとW6では、観測値と解析値の両者が概ね一致していることから、内湾域の解析値は、現地の流況を概ね表現できているといえる。一方、外湾域のW4では、解析値に比べ観測値は強い東向きの流れを示している。このことは、今回の潮流解析の空間スケールでは把握しきれていない要因が支配的であったことを意味している。その理由として、黒潮分枝流や瀬戸内海からの流出入水等、海流の影響が考えられるが、その特定にはさらなる調査が必要である。図-10に潮流解析により求めた各年代の流況を示した。図は現在に対する各年代の最大流速の比を表している。これらの図から、指定当時の公園区域近傍での流況は、流速でみると、現在の約1.5～2倍程度であったことがわかる。また、その状況は、1985年頃においてもほぼ同じであり、変化が現れるのは、外防波堤②の設置後の1990年頃である。これは、海中公園周辺の流況変化が、1996年に建設された消波ブロック①によるものだけではな

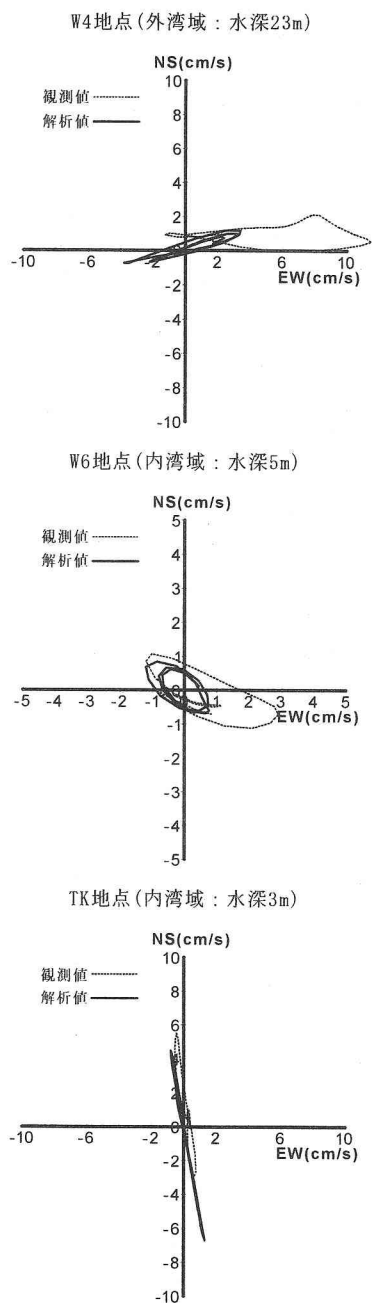


図-9 観測値と解析値の比較

く、1988年完成の外防波堤②も大きく関与していることを意味している。さらに、このことは、当海域に分布するサンゴ種の変化が、約15年前から徐々に生じていた可能性を示唆するものである。

c) 外海系水の影響について

黒潮等の外海系水が当海域に及ぼす影響を見るために、2003年5月22～23日、および2003年8月30日～9月8日に計測した内湾・外湾、および沖合での塩分と水温の関係を図-11と図-12にそれぞれ整理した。観測位置は、図-1と図-2に示す通りである。なお、観測期間中の降雨記録は9月4日に4mmと、9月5日に3mmのみである（宍喰観測所）。

図-11の外海系水（▲）の内、○で囲んだ部分とそれ以外（E6, E7）の値とは大きく異なり、外海系水のなかでも、沿岸部と沿岸から離れた沖合部

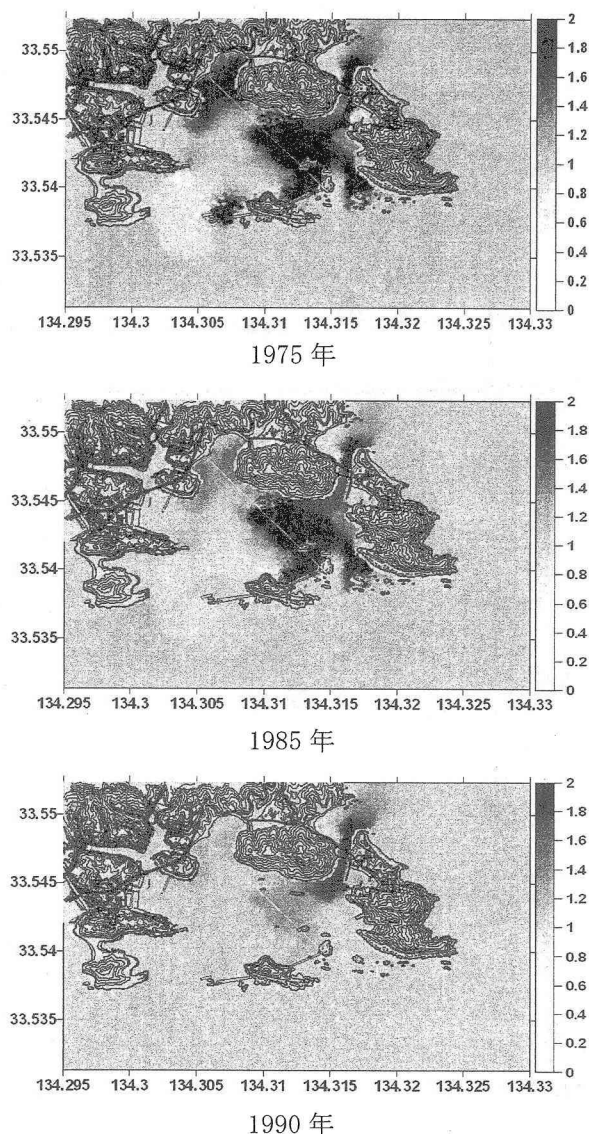


図-10 流況の変遷（最大流速比, 対現在）

では大きな違いがあることがわかる。沖合の外海系水の値は、水温 21.5°C 以上、塩分 34 以上の範囲にあり、内湾・外湾の値とは明らかな差が認められた。その差は、特に塩分において顕著である。一方、沿岸の外海系水は、内湾・外湾のものと大きな違いはない。さらに、内湾系と外湾系の比較では、外湾系の水温が低く、かつ塩分濃度が高いことがわかる。

次に、図-12をみると最も沖合に位置するE4とE9で、塩分濃度が他と大きく異なることを除き、他の観測点では、内湾・外湾・外海系によらず明確な差は認められない。

図-11と図-12から、季節によりことなるものの、当海域が、外海系水の直接的な影響を少なからず受けることが伺える。これは、徳島県海部沿岸の海況が、黒潮の主軸変動に伴う「紀南分枝流」や「芸東分枝流」などの外海系水と紀伊水道から南下する内海系水の消長の影響を受けるという既往の知見¹⁾²⁾からも裏付けられ、海域環境の改善方針を考える上で、外海、特に黒潮の波及を妨げないようにすることが重要であることを意味する。

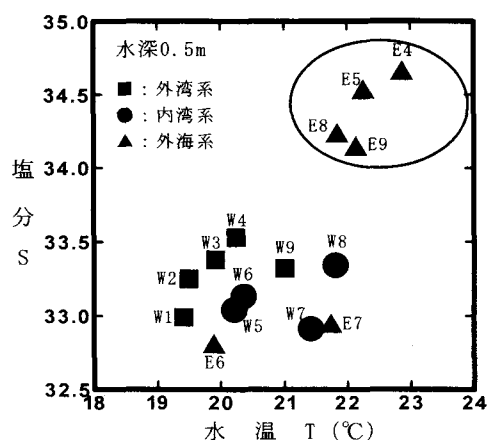


図-11 T/S プロット (5/22~5/23)

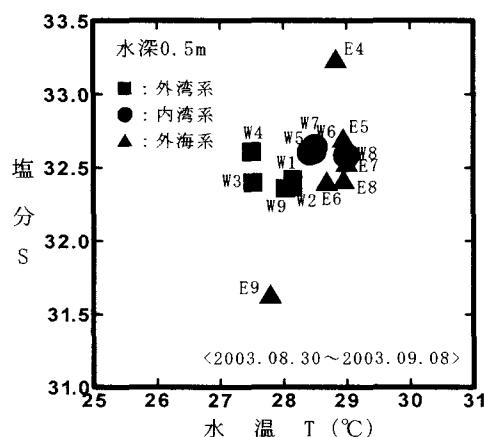


図-12 T/S プロット (8/30~9/8)

3. おわりに

著者らは、1972年に指定された海中公園としての資質が損なわれつつある、阿波竹ヶ島海中公園周辺について、アンケート調査を含む現地調査および潮流解析を実施し、海域環境改善の基本方針を策定する上で重要な以下の知見を得た。

- ① 地元住民へのアンケート調査結果から、当海中公園の地域における役割として、「地域の代表的な自然体験型の観光地」であることを1つの方向として期待していることを把握できた。
- ② サンゴ分布の変遷を見ると、サンゴ被度、および分布面積が全体的に減少傾向にあること、また、比較的濁りに強いカワラサンゴを優占種とする範囲が増大していることがわかった。さらに、それらの変化は、防波堤の建設による湾内の流況変化との関連が強いことが伺えた。
- ③ 各年代の潮流解析結果の比較からすると、海中公園付近の流況変化には、近年に建設された2つの防波堤①と②(表-2 参照)が特に大きく影響している。しかし、このことは、防災上、また、海面利用の促進等、反対の見地からすると極めて効果的な構造物と言え、流況改善を目的とした構造物の改良には、高潮や波浪等、異常時を含め、現施設のメリットを十分考慮した検討が必要である。

これらの知見を踏まえ、海域環境改善の基本目標を「エダミドリイシサンゴが持続的に生息可能な海域環境への回復と、その保全」とした。

基本目標を達成するための改善方針としては、サンゴの生息環境の向上だけに着目するのではなく、トレードオフ関係にある海面利用(漁業、観光業)や波浪防災との調和、自然の自己回復力、および維持管理等を考慮し、地域住民とともに取り組むことをふまえ、次の4つを柱とした。

- 方針1 海域への環境負荷の軽減
- 方針2 海中公園周辺海域の流況改善
- 方針3 エダミドリイシの移植・増殖
- 方針4 地域社会との協働

具体的には、方針1では、流入土砂の発生源を断つための植林や放置土砂の排除、方針2では、防波堤①および防波堤②の改良による海水交換率の向上、方針3では地元住民が中心となった環境NPOと連携したサンゴの移植作業、方針4では将来を担う子供たちを対象とした環境教育、さらにはエコツーリズムなどによる自然環境と共生できる地域づくり等が挙げられるが、それらについては、平成16年度の「竹ヶ島海中公園自然再生協議会」で検討した後、採択する予定である。

謝辞：本論文は、竹ヶ島海中公園自然再生推進事業の一環として行われた調査検討結果をとりまとめたものであり、それらに関わった、竹ヶ島海中公園自然再生協議会・専門部会や事務局の方々、ならびにアンケート調査やヒアリング調査に快く応じて頂いた地元住民の皆様に感謝します。また、貴重な海洋観測結果を提供下さった徳島県水産研究所に深甚なる謝意を表します。

参考文献

- 1) 上田幸男：海水温は上昇している？。徳島県水試だより、第39号、2000。
- 2) 蛇目勲・上田幸男：黒潮の離接岸変動と徳島県海部郡沿岸海況の長期変動、徳島県水産試験場事業報告書、平成8年度、pp. 203-207., 1998。
- 3) 海の自然再生ワーキンググループ：海の自然再生ハンドブック、第4巻サンゴ礁編、130p., 2003。
- 4) 山里 清：サンゴの生物学、東京大学出版会、150p., 1991。
- 5) 灘岡和夫・二瓶泰雄・横堀達也・熊野良子・大見謝辰男：サンゴ礁海域の水環境に関する陸水・外洋水影響の検討、海岸工学論文集、第46巻、pp. 1181-1185., 1999。
- 6) 吉見昌宏・与那覇健次・片岡真二・山本秀一・高橋由浩・田村圭一：サンゴの人工構造物への着生状況-3、海岸工学論文集、第45巻、pp. 1111-1115., 1998。