

海浜リゾートの設計法
に関する研究

1999年12月

島田 広昭

目 次

1. 緒 論	1
2. 砂浜海浜リゾートの自然環境	12
2.1 概 説	12
2.2 自然環境調査の条件および方法	15
2.3 砂浜海浜リゾートの環境条件	24
2.3.1 利用密度と満足度との関係	24
2.3.2 海浜条件と満足度との関係	28
2.3.3 海象条件と満足度との関係	31
2.4 結 語	34
3. 磯浜海浜リゾートの自然・生物環境	37
3.1 概 説	37
3.2 自然・生物環境の調査方法	41
3.2.1 地 形	43
3.2.2 気象および水質	43
3.2.3 付着動物	46
3.3 磯浜海浜リゾートの環境条件	47
3.3.1 天然磯と人工磯の地形	47
3.3.2 磯浜における気象および水質	50
3.4 磯浜海浜の生物分布	56
3.4.1 潮間帯における生物分布	56
3.4.2 人工磯における生息動物の平面分布	58
3.5 生物の多様性に及ぼす諸因子の影響	63
3.5.1 地形と付着動物の多様性との関係	63
a) 海浜断面	64
b) 斜面長比	68

3.5.2	磯浜における極微地形と付着動物の多様性との関係	70
a)	波食溝の段差部	70
b)	波食溝の形状	73
c)	磯表面の粗度	77
3.5.3	磯浜における岩石間の空隙	79
3.5.4	磯浜におけるタイドプールの影響	82
a)	タイドプールの地形	83
b)	タイドプール内の水質	86
c)	タイドプールにおける付着動物の多様性	93
d)	天然磯と人工磯におけるタイドプールの比較	103
3.5.5	磯浜における波当たりと付着動物の多様性との関係	105
a)	人工磯における海水流動値	107
b)	付着動物の平面分布と海水流動値との関係	108
c)	付着動物の垂直分布と海水流動値との関係	112
3.5.6	磯浜の造成素材と付着動物の多様性との関係	114
a)	供試体の物理特性	114
b)	供試体への付着動物の経時変化	119
c)	基質の違いによる影響評価	124
3.6	多様性が高くなる磯浜地形	126
3.7	結語	128
4.	砂浜海浜リゾートの利用者意識とその変化	134
4.1	概説	134
4.2	砂浜海浜リゾートの利用形態	136
4.2.1	大阪府下における海水浴場の利用状況	136
4.2.2	滞在利用時間の推移	138
4.2.3	海水浴場内における利用者の平面分布	140
4.2.4	比利用密度の時間的变化	142
4.2.5	水浴率	143
4.3	サービス施設の変遷と利用状況	143
4.3.1	須磨および淡輪海水浴場における利用状況の比較	145
4.3.2	利用状況に及ぼすサービス施設の影響	150

4.4	利用者の属性とその意識	155
4.4.1	砂浜の広さと混み具合	155
4.4.2	海浜勾配	158
4.4.3	底質	159
4.4.4	水質	161
4.4.5	波高	163
4.5	人工養浜の満足度の変化	164
4.6	結語	169
5.	海浜リゾートの設計法	173
5.1	概説	173
5.2	設計条件と検討内容	174
5.3	人工海浜の設計	176
5.3.1	人工海浜の規模	176
5.3.2	海浜条件	179
5.3.3	海象条件	181
5.4	人工海浜の評価	182
5.4.1	海岸環境の変化に対する利用者意識	183
5.4.2	海岸環境整備事業に対する利用者の評価	188
5.5	結語	191
6.	結論	193

1. 緒 論

我が国は、国土面積が狭小な島国であるにもかかわらず、その約7割が山地で占められていることから、古来より海岸線に沿う低平地に人口や経済活動が集中している。また、大小あわせると6,852の島々（外周0.1km以上の島）から構成されていることから¹⁾、海岸線の総延長は約35,000kmにも及んでいる。こうした特徴を有する我が国では、古くから住民は海や山からの恩恵を享受してきた。特に、島国である我が国の海岸は、古来より漁労や信仰の場として「生活空間」の役割、海を通じた人・物・文化の交流、交易活動の発着点として「交流空間」の役割を担ってきた。さらに、中世から近世にかけては新田開拓や塩田等の「生産空間」として、また近代以降は国土の安全を確保する「防災空間」や経済活動の場としての「生産空間」などそれぞれの時代にあった役割を果たしており、農業、漁業、工業、輸送のための空間として活用されてきた。特に、大都市近郊の沿岸部では、拡大する都市機能の受け皿として、埋立などによって新たな国土空間を創造してきた²⁾。このように、我が国の文化や風土の形成に海が重要な役割を果たしていることは周知の事実であるが³⁾、古くから生活・交流・生産の場としてそれぞれの時代を反映した利用が行われていた海岸も、レジャーやリクリエーションの場として利用されるようになったのは比較的近年になってからである。図-1.1は、近年の我が国における海岸（コースタルゾーン）を利用面から分類したもの⁴⁾であるが、リクリエーション利用がそのうちの一つの地位を占めており、特に海と陸との接点である水際線は今後ますます文化的利用、すなわち人間性回復のための情緒的な利用に対する要請が増えていくものと思われる。

しかしながら、今日では海洋性リクリエーションとして最も普遍的かつ典型的な海水浴でも、やっと明治時代に入ってからのもといわれているように、近年に至るまで海岸をリクリエーションの場として利用する習慣はなかった。我が国において所得水準の低い一般庶民の間にもレジャーが広まったのは江戸時代であり、四季折々の行事の中に潮干狩りや川開きといった、現代に通じる海洋性レジャーも行われていたようである。しかし、生産性の伴わない海洋性レジャーが普及するのは、明治初期に導入された海水浴が始まりであるが、この時代の海水浴はレジャーというより医学療法の一つとして行われていた。したがって、海水浴が海浜におけるレジャーとして大衆化したのは、明治末期から大正にかけてである⁵⁾。それ以後、海

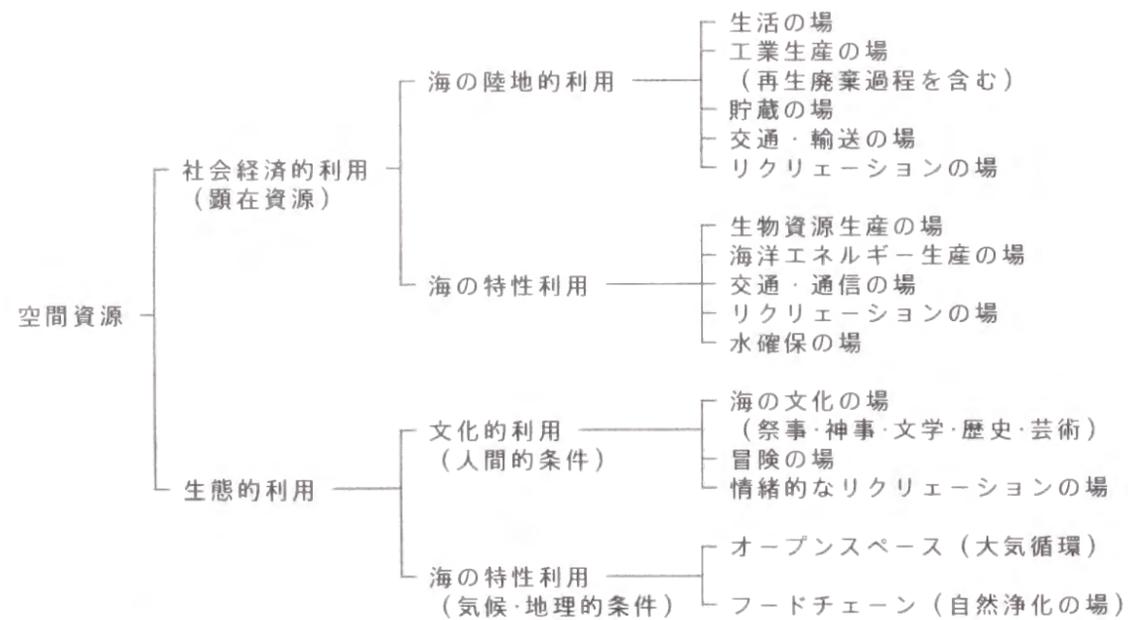


図-1. 1 コースタルゾーンの利用面からの分類¹⁾

浜でのレジャーは、時代の要請を受けながら多様化していった。特に、高度経済成長に伴い、1970年代の前半にはレジャーブームが到来したが、第一次石油ショックで雲散霧消してしまった。しかし、経済の安定成長期を通して着実にレジャー志向は進み、現在では手軽な海水浴や潮干狩りはもちろんのこと、モーターボートやヨット、サーフィン、スキューバダイビング、水上スキー、水上オートバイなど大型用具を必要とする本格的な海洋性レジャーへと発展してきた。

コースタルゾーンのなかでも海洋性レジャー活動の場として重要な空間である砂浜については、周知のように、河川の治水施設の建設や水資源開発および港湾や臨海工業地帯の造成によって、河川からの流送土砂の急減をもたらした沿岸漂砂の連続性が遮断されるようになってしまった。このため、海浜の土砂収支に不均衡が生じ、全国的に海岸侵食が促進された。そのうえ、第二次世界大戦以後の高度経済成長期に、海岸の自然環境に対して十分に配慮する余裕のないままに、災害防御と経済発展のための開発が最優先して進められた。その結果、かつて白砂青松と詠われた我が国の海岸線も、自然のままのものは総延長の約65%になってしまい²⁾、海水浴など海洋性レジャーや磯観察など環境教育の場に利用されていた多くの砂浜や磯浜を消失してしまった。また、1960年代後半には、海水汚濁を中心とする海岸環境の悪化が顕著になり、特に大都市近郊では海水浴や磯観察などに利用できる親水性のある海岸のほとんどがなくなってしまった。

一方、第二次世界大戦以後、敗戦により荒廃した国土と経済の復興の社会目標として「欧米へのキャッチアップ」を掲げ、高度経済成長を成し遂げた我が国は戦後50年で世界有数の高所得国となった³⁾。その結果、物質的、経済的に豊かになった人々は心の豊かさを求めるようになり、余暇が人間にとって価値あるものと認識されライフスタイルもそれを大事にするように変化していった。しかし、近年、都市化の進展や生活空間の高密度化に伴い、自然と親しめる空間やオープンスペースが減少してきており、身近な緑や水のある場所を求める人々の希求行動が顕在化してきている⁴⁾。こうした動向の中で、ウォーターフロントや水辺に対する認識が高まり、「海」の存在が見直され、リクリエーション空間としての海の価値が重視されるようになってきた。このため、海洋性リクリエーションの場として利用される人工の砂浜が全国各地で計画あるいは建設されているが、それらは利用を目的として造成されているものではない。

このように、我が国では海岸環境の改善や修復が社会的に重大な関心事となり、海岸環境整備事業の一環として人工海浜の造成が全国各地で行われるようになったが、その築造基準が示されたのは意外に新しく、1987年3月に改訂された海岸保全施設築造基準⁵⁾に、漸く人工海浜が人工リーフなどとともに、海岸保全施設として位置づけられた。しかし、その設計に当たっては、海浜の防災機能や安定性を中心に考え、海水浴など海洋性リクリエーションの場としての利用機能については、付随的に考慮するように解説されている程度である。さらに、海岸長期ビジョン懇談会⁶⁾では、「すぐれた自然景観を有し、さまざまな生物が生息する豊かな空間であり、人間が安全に活動でき、身近に親しめる空間」である海岸空間の保全と創造にあたって、1) 次世代への良好な海岸の継承、2) 防災・利用・環境の調和、3) 豊かな地域づくり・交流の拡大の実現、の3点を基本理念とし、これに基づき、①自然と共生する海岸、②安全な海岸、③親しまれる海岸、④国土を守る海岸、の4つを目標に掲げている。これらの目標のうち、①の「自然と共生する海岸」が大きな特徴であり、我が国の海岸整備に際し、今後取り組んでいくべき施策として、良好な海岸環境の創造、海水・海域の浄化、海岸ゴミ対策の充実、環境教育の場としての活用、砂浜の確保を図ることの必要性を示している。

海岸を保全あるいは創造する場合、何らかの方法で人工的に海浜を造成・整備することになる。人工海浜の造成・整備技術に関する研究の基本は、海浜変形と海岸侵食制御の二つであろう。前者の海浜変形については、風が吹けば波が起こり（風

波)、流れが生じる(吹送流)。それらの運動は相互作用もするが、主として水深変化に支配される。水深が浅くなると波は崩れ(砕波)、波動運動のかなりの部分が乱れを伴う流れへと変化する。この砕波による乱れは波動運動とともに海底の砂を巻き上げ、流れがこれを運搬する。この砂の移動現象や砂そのものを漂砂と呼び、漂砂はそれが変化する時間と空間スケールにより、時空間スケールの長い沿岸漂砂と短い岸沖漂砂とに分けて考えられている。これは流体運動の強さに起因するもので、波動運動が卓越する場合は岸沖方向の漂砂が活発になり、短時間に変化する。この漂砂の時間変化は海底地形を変え、砂(底質)のふるい分けを行う¹⁰⁾。しかし、来襲してくる波浪に対して岸沖方向の漂砂が平衡状態に達している状態を平衡海浜といい、この断面形状は来襲波浪の規模と海浜の勾配と底質粒径によって決まる。海浜変形の予測・評価は、古くから海岸工学の重要な研究課題であったが、現象の複雑さ故に、今もなお未解決の課題が多い。そして、コンピュータを用いた数値シミュレーションによる海浜変形予測モデルが移動床水理模型実験に取って代わり、例えば「汀線変化モデル」^{11), 12)}や「等深線変化モデル」^{31), 32), 34) - 40), 43)}によってある程度定量的に評価できるようになっており、最近では3次元海浜変形モデルの実際への適用も試みられるようになってきた⁴³⁾。一方、海岸侵食を起こさないためには、前述した沿岸漂砂量や岸沖漂砂量に不均衡が生じないようにしてやればよい。海岸侵食が生じる要因は、漂砂源の減少、沿岸漂砂の阻止、波浪場の変化による漂砂系の変化、沖方向への流失などが考えられる。その中で、人為的に制御できるものを中心に考えると、海岸侵食の制御は、漂砂源を確保することおよび沿岸漂砂の変化を抑えることにほぼ限定される。前者の漂砂源を確保する方法としては、養浜やサンドバイパスのようなアクティブな方法が、また後者の沿岸漂砂の変化を抑える方法としては、海浜を安定させる方法がある。この他には、潜堤などにより強制的に砕波させる方法があるが、平均海面が緩やかに変化するように配慮しない限り、水面勾配が急になり局所的に強い流れが生じ、潜堤そのものの維持もできなくなる。したがって、海浜を侵食から護るには消波すればよいと云うものではなく、海浜全体の漂砂系を考えることが必要である。侵食海岸のなかでも岸沖漂砂量が少なく、一方向の沿岸漂砂量が卓越している海浜では、サンドバイパスによって動的な安定海浜群を形成させることができる。この成功例は、サンドバイパスと突堤群を併用している天橋立海岸であろう。ここでは、1950年代前半から、漂砂源の減少と港湾の防波堤による沿岸漂砂の阻止によって、日本三景の一つである3.6kmに及ぶ砂嘴海

岸が侵食されはじめた。そのため、石原・岩垣ら⁴⁴⁾の提案により20基の突堤と養浜が施工され、さらに年間約4,800m³のサンドバイパスを併用して、現在では動的な安定海浜が形成されている。また、自然の砂浜や礫浜には種々の形態の海浜が存在するが、なかでも両端を岬(ヘッドランド)で囲まれた砂浜海岸はポケットビーチと呼ばれ、緩やかな弧を描いた汀線形状を有する安定な海浜であることが多い。これに着目し、土屋ら⁴⁵⁾は、漂砂源がほとんど存在しない場合とある程度の漂砂源が存在する侵食海岸では、人工岬を設置することによって、来襲する波浪に対し静的あるいは動的に安定な海浜として存在できる「安定海浜工法」を確立させた。人工岬(head land)によって海浜変形の制御を最初に提案したのはSilvester⁴⁶⁾であるが、この方法を動的な安定海浜工法まで確立させたのは土屋であり、我が国でも一度安定な海浜を形成すると維持が簡単なこと、利用価値が高いことおよび景観や生態系とともに自然になじむことから、最近では離岸堤工法に代わる工法として多くの現地海岸に適用されるようになった。

このように、人工海浜の造成技術に関する研究については、自然海浜を対象とした海浜変形や海岸侵食制御など防災技術に対するものからのスタートではあったが、我が国で海岸工学の分野が確立されて以来、数多くの研究者によって取り組まれ、直接造成技術の向上に係わるような成果も数多く得られている。しかしながら、今後、21世紀に向けて造成される人工海浜については、来襲する波浪から護り維持することは勿論であるが、親水性にも優れたもの、すなわち高い利用機能を有しかつ景観や生態系など海岸環境に配慮されたものでなければならない。親水性のうち、利用機能に関する研究は、堀川ら^{47), 48)}や宇多ら^{49), 52)}によって海洋性リクリエーションの概念とその環境および海岸利用の実態やその問題点などが示されてはいるが、海岸の防災技術に関するものほど行われていないのが現状である。また、生態系に関するものについては、従来は海洋構造物である石油掘削リグや海洋観測施設へ生物が付着することによって抗力が増大するなど施設への影響力が大きいことから、円筒構造部材への生物付着に関する研究が盛んに行われてきた。さらに、漁網などの水産関連施設への生物付着についても、海藻などの付着により抗力が増し漁業の遂行に支障を来すことから研究が行われてきた。このように海洋構造物関係の分野のみならず、海洋生物学や造船工学の分野においても、以前から海洋生物の付着に関する研究は行われていた。しかしながら、これらはいずれも大水深域での海洋施設を対象としたものであり、浅水域に設置された海岸構造物への付着生物に関する

研究の歴史は比較的浅い。最近になって、ようやく海岸構造物の設置による環境影響調査やミティゲーションのための生態系調査が必要とされるようになり、活発化してきた。前野ら⁵³⁾は、多岐にわたる分野でそれぞれ独自に行われていた海洋・海岸構造物と海洋生物との関係に関する研究をまとめ、海洋生物の生態系と調和した海岸構造物の設計法を示しているが、これにまとめられた論文のほとんどが海水浄化や漁場造成に関するものであり、海岸・港湾構造物への付着生物に関するものは小笹ら^{54), 55)}による波浪条件や港湾構造物形式の違いによる影響を調べたものがある程度である。また、海岸構造物の表面塗料については、石田ら⁵⁶⁾によって海藻の付着状況に及ぼす硫酸第一鉄の効果も示されている。海洋生物に関する研究は、水産分野で漁業などに適する生産性の高い種についてはかなり行われているものと思われるが、磯観察などの環境教育のようにあまり漁業に適さないものについてはほとんど行われていないのが現状である。しかしながら、生息生物はそれが直接漁業に適さないものであっても生態系全体から見ると重要な種であるため、生息環境を保全し絶滅させないような配慮は必要である。

そこで本研究では、今後の我が国における海岸整備に際しもっとも重要な目標となる「環境の保全と復元」、すなわち「自然と共生した人工海岸の保全と創造」を目指した人工海浜の条件について、多種多様な海浜リゾートに利用される様々な海浜形態のうちの砂浜と磯浜の二つにしぼって検討する。具体的には、海水浴に利用される砂浜については、実際に海岸を利用している人々に行ったアンケート調査やその利用形態などを検討することで海岸利用者から見た望ましい海浜条件を、また生態系保全を目指した磯浜については、魚介類の生息の場さらには環境教育の場として自然観察などの体験フィールドとしても活用する計画のある人工磯における生息動物や水環境に関する調査結果から生物との共生を目指した人工磯浜の造成条件を明らかにする。各章の概要を述べると、次のようになる。

まず、第2章では、近畿圏内にある突堤や離岸堤などは設置されているもののほぼ自然海浜のもの9箇所、侵食された自然海浜に養浜土砂を投入した半自然海浜のもの2箇所（後に完全な人工海浜になった二色の浜海水浴場も含む）、完全な人工海浜のものが3箇所の合計14海水浴場を調査対象とし、海水浴場が開設されている盛夏に行った各海水浴場における自然環境調査（地形・地質・海象）とそれぞれの海浜条件に対する利用者意識を直接面接法によるアンケート調査の結果を検討し、海水浴場として利用される人工海浜の望ましい条件を明らかにする。さらに、利用

者がそれぞれの項目に対し満足していると思われる割合をその条件に対する満足度と定義し、それと各海浜条件との間に最小二乗法による回帰式を求め、各海浜条件と海浜利用者の満足度との関係についても明らかにする。

第3章では、生態系保全を目指した磯浜の造成条件を明らかにする目的で、大阪府が魚介類の生息の場さらには環境教育の場として自然観察などの体験フィールドとしても活用する計画で建設中の人工磯において生息動物と水環境に関する調査を行い、生物との共生を目指した人工磯浜の造成条件について検討する。具体的には、磯浜における生物相に及ぼす諸因子の影響について、海浜断面や斜面長比といった地形、岩石間の空隙や波食溝の段差部などの微地形、タイドプール内の地形や水質、波当たりの強弱を表す海水流動値および人工磯の造成素材などを生態学で用いられる多様性指数を用いて明らかにする。

第4章では、海水浴場としての人工海浜がもつべき条件を、利用者の安全性と快適性の観点から明らかにする目的で、砂浜海浜リゾートの利用形態、サービス施設の変遷と利用状況、利用者意識に及ぼす属性の影響および人工養浜の海水浴場に対する満足度の変化などを検討する。砂浜海浜リゾートの利用形態については、大阪府下における海水浴場の利用状況、海水浴場内における利用者の平面分布、利用滞在時間や水浴率などを明らかにする。サービス施設の変遷と利用状況については、管理運営方法の大きく異なる須磨海水浴場と淡輪海水浴場において利用者分布とサービス施設の位置との関係を明らかにする。利用者意識に及ぼす属性の影響については、アンケート回答者を男女別に10代、20代、30代および40代以上の8つに分け、海水浴場に来た目的や各海浜条件に対する意識などを詳細に検討する。人工養浜の海水浴場に対する満足度の変化については、完全な人工養浜によって造成された淡輪海水浴場における連続8年間の調査結果を用い、海浜利用者の各海浜条件に対する満足度の経年変化を検討する。

第5章では、海浜リゾートを計画・設計する際、必ず検討しなければならない内容や条件を明らかにする目的で、第2章で得られた結果に基づいた設計手法を明らかにする。さらに、海岸環境整備事業によって整備拡張された人工海浜について、96年に海岸環境整備事業がほとんど完了した二色の浜海岸を対象として、そこでの海岸環境とそれに対する利用者意識についての現地調査を行い、これらの調査結果と整備事業が実施される以前や実施中に行った同様な調査の結果と比較検討することで、海浜利用者の海岸環境整備事業に対する評価を明らかにする。

最後に第6章では、この研究で得られた主要な結果と残された問題点などを要約して結論とする。

参考文献

- 1)総務庁統計局：P S I (ポケット統計情報) 1999, <http://www.stat.go.jp/06110101.htm>.
- 2)山本修司：海岸長期ビジョンの実現にむけてー防災・利用・環境の調和ー, 波となぎさ, 第128号, pp.11~17, 1996.
- 3)堀川清司：21世紀に向けての海辺の創造, 波となぎさ, 第128号, pp.2~3, 1996.
- 4)日本テトラポッド(株)マリン・リクリエーション研究会：ザ・マリーナ&ビーチ, 丘書房, pp.17~37, 1989.
- 5)中小企業庁小規模企業部サービス業振興室 編：海洋性レジャーのビジョンー大都市圏居住者の「海のある暮らし」の実現に向けてー, 大蔵省印刷局, pp.5~13, 1992.
- 6)国土庁計画・調整局 編：21世紀の国土のランドデザインー新しい全国総合開発計画の基本的考え方ー, pp.7~30, 1995.
- 7)畔柳昭雄：海洋性リクリエーション施設ー計画とデザインー, 技報堂出版, pp.3~35, 1997.
- 8)海岸保全施設築造基準連絡協議会 編：改訂 海岸保全施設築造基準解説, pp.235~242, 1987.
- 9)海岸長期ビジョン研究会 編：豊かな海辺の創造ー海岸長期ビジョンー, 第一法規, pp.2~19, 1995.
- 10)磯部雅彦：海岸の環境創造ーウォーターフロント学入門ー, 朝倉書店, pp.47~57, 1994.
- 11)土屋義人・山下隆男・泉 達尚・鳥取一雄：大規模海浜過程の予測ー上越・大潟海岸の場合ー, 海岸工学論文集, 第40巻, pp.456~460, 1993.
- 12)Pelnard-Considere, R. : Essai de theorie de l'evolution des formes de vivage en plages de sable et de galets, IV eme Journees de l'Hydraulique, Les Energies de la Mer, Question III, Raooirt, No.1, pp.289~298.
- 13)Grijm, W. : Theoretical forms of shorelines, Proc. 7th Int. Conf. on

- coastal Eng., pp.197~202, 1960.
- 14)Lepetit J.P. : Transport littoral - Essais et calcuis, Proc. 13th Int. Conf. on Coastal Eng., pp.971~984, 1972.
- 15)Prince, W.A., K.W. Tomlinson and D.H. Willis : Predicting changes in the plan shape of beaches, Proc. 13th Int. Conf. on Coastal Eng., pp.1321~1329, 1972.
- 16)LeBlond, P.H. : On the formation of spiral beaches, Proc. 13th Int. Conf. on Coastal Eng., pp.1331~1345, 1972.
- 17)橋本 宏：離岸堤による隣接海岸への影響予測モデル, 第21回海岸工学講演会論文集, pp.181~185, 1972.
- 18)Motyka, J.M. and D.H.Willis : The effect of refractrion over dredged holes, Proc. 14th Int. Conf. on Coastal Eng., pp.615~625, 1974.
- 19)橋本 宏：河口部海岸線の変形特性, 土木技術資料, 第7巻, 第12号, pp.32~37, 1975.
- 20)橋本 宏：海浜変形モデルの富士山への適用, 第23回海岸工学講演会論文集, pp.218~222, 1976.
- 21)Hulsbergen, C.H., W.T. Bakker and G.van Bochove : Experimental verification of groyne theory, Proc. 15th Int. Conf. on Coastal Eng., pp.1439~1458, 1976.
- 22)Le Mehaute, B.and M. Soldate : Mathematical modeling of shoreline evolution, Proc. 14th inc. Conf. on Coastal Eng., pp.1163~1179, 1978.
- 23)松岡道男・越智 祐：汀線変化予測モデルの適用性の検討, 第26回海岸工学講演会論文集, pp.220~224, 1979.
- 24)小笹博昭・A.H.Brampton : 護岸のある海浜の汀線変化計算, 港湾技術研究所報告, 第18巻, 第4号, pp.77~104, 1979.
- 25)クラウス,N.C.・針貝聰一・久保田進：大洗海岸における汀線変化シミュレーションー防波堤は以後の碎波と汀線変化ー, 第28回海岸工学講演会論文集, pp.295~299, 1981.
- 26)田中則男・灘岡和夫：汀線変化モデルの開発と現地への適用, 港湾技研資料, No.436, pp.1~40, 1982.
- 27)宇多高明：新しい海浜変形モデルによる河口砂州の変形予測, 土木学会論文報

- 告集, 第322号, pp.77~88, 1982.
- 28)宇多高明: 砂でできた人工島の変形予測, 第29回海岸工学講演会論文集, pp.289~293, 1982.
- 29)Kraus, N.C. and S. Harikai: Numerical model of the shoreline change at Orai Beach, Coastal Eng., Vol.7, No.1, pp.1~28, 1983.
- 30)Hanson, H. and N.C. Kraus: Shoreline response to a single transmissive detached breakwater, Proc. 15th Int. Conf. on Coastal Eng., pp.1439~1458, 1990.
- 31)Bakker, W.T.: The dynamics of a coast with a groyne system, Proc. 11th Int. Conf. on coastal Eng., pp.492~517, 1968.
- 32)Perlin, M. and R.G. Dean: Prediction of beach planforms with littoral controls, Proc. 16th Int. Conf. on Coastal Eng., pp.1818~1838, 1978.
- 33)橋本 宏・宇多高明: 経験的海浜変形モデルの消波堤防型実験への適用, 土木技術資料, 第22巻, 第10号, pp.534~539, 1980.
- 34)Perlin, M. and R.G. Dean: A numerical model to simulate sediment transport in the vicinity of coastal structures, U.S. Army Corp of Engirs., Coastal Eng. Res. Center Miscel. Rep. ., No.83~10, 119p, 1983.
- 35)宇多高明・陶山幸夫・中村正敏・富士川洋一: 皆生海岸沖合部における地形変化とその予測, 第35回海岸工学講演会論文集, pp.432~436, 1988.
- 36)宇多高明・山本幸次・河野茂樹: 沿岸漂砂量の水深方向分布を考慮した海浜変形モデル, 海岸工学論文集, 第37巻, pp.304~308, 1990.
- 37)宇多高明・山本幸次・河野茂樹: 沿岸漂砂による3次元海浜地形変化の予測法, 海岸工学論文集, 第38巻, pp.386~390, 1991.
- 38)宇多高明・山本幸次・岡本俊策: 岸沖漂砂を考慮した等深線変化モデルによる護岸周辺の地形変化予測, 海岸工学論文集, 第40巻, pp.381~385, 1993.
- 39)宇多高明・山本幸次・板橋直樹: 拡張された等深線変化モデルによる海底谷周辺における海浜地形変化予測, 海岸工学論文集, 第40巻, pp.391~395, 1993.
- 40)宇多高明・河野茂樹: 海浜変形予測のための等深線モデルの開発, 土木学会論文集, No.539/II-35, pp.121~139, 1996.
- 41)西村仁嗣・クラウス, N.C.: 海浜シミュレーション, NERC Rep., No.8, TR-78-2, ダイナミックスに関する共同研究(その1, 自然海岸), 海岸環境研究センター, pp.113~129, 1979.
- 42)宇多高明・河野茂樹: 海浜変形予測のための等深線変化モデルの開発, 土木学会論文集, No.539/II-35, pp.121~139, 1996.
- 43)清水琢三・山田晶子・内山一郎・渡辺 晃: 汀線変化を考慮した3次元海浜変形モデルの現地適用性, 海岸工学論文集, 第42巻, pp.606~610, 1994.
- 44)石原藤次郎・岩垣雄一・榎木 亨・喜多 樹・小合彬生: 宮津海岸の漂砂に関する調査報告書, 京都府土木部河港課, pp.1~75, 1957.
- 45)土屋義人: 海岸侵食の制御, 土木学会論文集, No.387/II-8, pp.11~23, 1987.
- 46)Silvester, R.: Stabilization of sedimentary coastlines, Nature 188, paper 4749, pp.467~469, 1960.
- 47)堀川清司・佐々木民雄・五十嵐元: 海洋性リクリエーションとその環境, 第19回海岸工学講演会論文集, pp.83~91, 1972.
- 48)佐々木民雄・堀田新太郎・五十嵐元・久保田進: 海洋性リクリエーションに関する研究(第2報), 第21回海岸工学講演会論文集, pp.471~475, 1974.
- 49)宇多高明・小俣 篤: 海岸の雰囲気と利用形態に関する全国アンケート調査, 海岸工学論文集, 第38巻, pp.986~990, 1991.
- 50)宇多高明・小俣 篤・富田成秋・羽成英臣: 海岸の雰囲気と利用形態に関する茨城県民アンケート調査, 海洋開発論文集, Vol.7, pp.247~252, 1991.
- 51)宇多高明・村井禎美・武中信之: 海岸工学的諸条件から見た九十九里浜海岸の評価, 海洋開発論文集, Vol.4, pp.231~236, 1988.
- 52)宇多高明・村井禎美・武中信之: 湘南海岸の沿岸域利用の現状と開発にかかる2, 3の問題点, 海洋開発論文集, Vol.5, pp.149~154, 1989.
- 53)前野賀彦・石川元康: 海洋生物の生態系と調和した海岸構造物の設計法に関する研究, 文部省科学研究費補助金研究成果報告書, pp.83~92, 1995.
- 54)小笹博昭・室 善一郎・中瀬浩太・綿貫 啓・山本秀一: 生物にやさしい港湾構造物の研究, 海岸工学論文集, 第41巻, pp.1016~1020, 1994.
- 55)小笹博昭・村上和男・浅井 正・中瀬浩太・綿貫 啓・山本秀一: 多様性指数を用いた波高・港湾構造形式別の付着生物群集の評価, 海岸工学論文集, 第42巻, pp.1216~1220, 1995.
- 56)石田信一・鈴木哲緒: 硫酸第一鉄($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)を利用した藻礁の実験結果について, 水産土木, Vol.21, No.1, pp.25~28, 1984.

2. 砂浜海浜リゾートの自然環境

2.1 概説

近年、わが国でも余暇社会の到来が叫ばれるようになり、労働時間の短縮や休日の増加などによって、余暇の創出や余暇のための時間が増加することは今後必須であろう。これまで、わが国では「余暇」を就労や学習時間、そのための移動時間および睡眠や生理的な活動を行うための必要時間以外の時間を総括的に指すものとしてとらえてきた。つまり文字通り「余った暇」とされていた。そのため、余暇に対する考え方は消極的であり、余暇の過ごし方も受動的な傾向が強く、供給者主導型のマスレジャー（大衆余暇）的色彩の濃いものであった。しかし、近年になって、人間にとって価値あるものとして認識されるようになり、それとともに受動的なものから能動的・主体的なものへと変化してきている。余暇は人間として享受する活動時間であるといったような積極的なとらえ方がなされるようになってきた。こうしたことから、余暇の形態も、骨休めや休息にテレビ、ラジオを「見る」、「聞く」といった受動的、消極的なものから、主体的、能動的に「動く」、「する」といった、参加するタイプの積極的なものへと変化してきており、その過ごし方や活用方法にも幅が生まれ、多様化、個性化してきている。余暇活動に際しては、「楽しさとゆとり」を持つことがもっとも重要なことであり、こうした精神的な豊かさを満たすためには、「きっかけや機会」、「一緒に活動する仲間」、「情報提供」、「良い指導者」といったソフト面での動機も必要となる。さらに、余暇を可能にするためのハード面の条件整備（社会的配慮）がなされていなければならない¹⁾。また、余暇活動の場として重要な条件の一つに、非日常性の空間であることがあげられる。すなわち、「海」や「山」は日常生活の場から離れた場所であり、また我々は「海」や「山」に対して特殊な感情を抱くことが多い。それは「自然」という言葉の代名詞でもあり、それらを眺めながら大志を抱くといった感覚は、歴史上の人物にも多数その例を見ることができる。そこには、広々として明るく健康的なイメージが存在するし、その反対に人命をも奪ってしまう荒々しさ、恐ろしさといった感情も抱かせる。特に、「海」というイメージのもとではその豊かな水産資源をもとにして、釣りや潮干狩りといった実利性を感じさせる余暇活動も可能であり、海洋の持つリクリエーション資源としての価値は非常に高い²⁾。四方を海に囲まれた島国に住む日本人は、古くから海との結びつきが強く、現存する日本最古の歴史書

である「古事記」において既に海の話が登場している。例えば、「海幸彦、山幸彦」の物語は、兄弟が日頃の仕事である「海の漁」と「山の猟」を交代したとき、弟が兄の釣り針をなくしてしまい、それを探す話である。これが、日本で初めてレジャーとして釣りをした人であると指摘されている。わが国におけるレジャーについては、平安時代が貴族を中心にレジャーの花開いた時代であったが、当時は室内での社交的なレジャーが主流であり、海辺で遊ぶなどアウトドア的な海洋性のレジャーは行われていなかったようである。また、一般庶民は貧しく、レジャーとは無縁であった。一般庶民の間にレジャーが広まるのは、江戸時代である。庶民の所得水準は決して高くなかったが、江戸の庶民は芝居や祭り、相撲見物などを大変好んだ。さらに、四季折々の行事の中に潮干狩り（遊びとしての潮干狩りは、室町時代から行われていたようである）や川開きといった、現代に通じる海洋性のレジャーも行われるようになった。明治期には、沸かした海水に体を浸すという海水温浴場が各地に建設され、ちょっとした温泉ブームになったが、海水温浴場は医療的な側面が強く一種の湯治場であった。1880年代後半には、それまでの襦袢に腰巻きから「西洋寝巻」といわれる水着が登場し、この頃から横浜から鎌倉にかけての海浜に海水浴場が数多く建設されるようになり、海水浴は庶民の間に定着していった。しかし、この時代の海水浴もレジャーというよりはハイカラな西欧風の医療行為のようであった。海水浴が、海浜でのレジャーとして大衆化したのは、1910年代からのようである³⁾。戦後の混乱を経て、1950年代に入ると、「大衆余暇（マスレジャー）の時代」の萌芽がみられ、1950年代後半の高度経済成長期には、本格的な余暇時代が到来する。この背景としては、民主的な価値観を持った国民が、大量生産、大量販売、マスコミュニケーションを基盤にして、大規模な消費の担い手として登場すると同時に、レジャーの積極的な担い手となったのである。これはまた、経済産業面において「レジャー産業」を成立させ、その一方で「レジャー産業」が国民の余暇生活のあり方を方向づけしていった。さらに、1960年代後半になると、自動車のめざましい普及によって、ファミリーレジャーやグループ単位のレジャーが盛んに行われるようになった。また、国民の所得の増大と休日の長期化は、学習・創作活動、観賞などの屋内型レジャーから、アウトドアのスポーツやレジャーを誘発し、海洋性レジャー活動をより一層進展させていった。表-2.1は、ほぼ経済の高度成長が成し遂げられた今から27年前の1972年および8年前の日本経済絶頂期の1991年における日本人の海洋性レジャー活動の参加状況⁴⁾を示したものである。これに

表-2.1 海洋性レジャー活動の参加状況²⁾

レジャー種目	1972年		1991年	
	順位	参加率(%)	順位	参加率(%)
海水浴	1	48.7	3	40.3
釣り	2	27.3	13	7.1
潮干狩り	3	17.1	14	6.6
モーターボート	4	3.3	18	4.3
ヨット	5	1.1	11	10.4
トローリング	6	0.8	8	14.2
水上スキー	7	0.6	21	0.9
ボート	8	0.6	9	12.8
スノーボード	9	0.4	14	6.6
カヌー	10	0.1	25	0.5

よると、1972年に参加率がもっとも高いのは48.7%の「海水浴」で、以下「釣り」が27.3%、「潮干狩り」が17.1%の順に多くなっている。しかし、これら以外はいずれも低い参加率になっている。これに対し、1991年のものは複数回答による参加率であるにもかかわらず、この表（1972年のベストテン）に示されているなかでもっとも高い「海水浴」でも40.3%の第3位であり、1972年のものに比べるとかなり減少している。しかしながら、表には示していないが、1991年には第4位に「海浜散策」が36.5%、第9位に「ビーチでの日光浴・読書」が12.8%と上位にランクされていることから、海洋性レジャーの多様化や個性化が進んでも、砂浜などを利用するレジャーへの参加率の高いことが伺える。ちなみに、1991年の参加率第1位は45.0%の「海中・海浜公園・水族館の見学」、第2位が40.8%の「海浜での食事・ショッピング・宿泊」となっている。これらのことから、海洋性レジャーが多様化していることや海洋性レジャー活動の場として砂浜が重要な空間であることがわかる。

しかしながら、海洋性レジャー活動の場として重要な空間である砂浜は、河川の治水事業や水資源の開発事業の進展に伴って河川からの流送土砂が急減したことや、経済の復興と発展のための港湾や臨海工業地帯の造成に伴う大規模海岸構造物が次々と建設されたことにより、全国的に海岸侵食が進み、かつての白砂青松と詠われたわが国の海岸線から、自然のままの砂浜の多くが消失してしまった³⁾。特に、大都市近郊では砂浜を含む沿岸部が、拡大する都市機能の受け皿として、新たな国土

空間創造のため埋め立てられていった。一方、高度経済成長を成し遂げ、物質的、経済的に豊かになった人々は、余暇が人間にとって価値あるものと認識するようになり、ライフスタイルもそれを大事にするように変化していった。しかし、既に経済成長に伴う工業用地造成のための埋め立てや海岸侵食によって海洋性レジャーの場としての砂浜は、その多くが消失してしまっていた。例えば、大阪湾についてみても、芦屋、香栢園、甲子園、鳴尾、浜寺、羽衣、助松といった砂浜が消失しており、かろうじて須磨と二色の浜が現存しているだけである。また、現存している二つの砂浜についても、侵食対策によって突堤や離岸堤の建設および養浜土砂の投入がなされており、まったくの自然のままの状態のものではない。

このように自然海浜の減少の一方で、国民の間には逆に砂浜に対する要請が年々大きくなるという傾向が明らかになってきた。そこで、海洋性レジャーの場として利用される人工の砂浜が全国各地で計画あるいは建設されるようになった。しかしながら、このような人工砂浜は、砂浜を保持する基準で建設されたものであり、利用を主目的とした計画基準で造成されているわけではない。そこで、この章ではわが国における代表的な砂浜海浜リゾートである海水浴場をとりあげ、海水浴場として利用される人工海浜の望ましい条件を明らかにする。

2.2 自然環境調査の条件および方法

砂浜海浜リゾートの施設立地に際して検討すべき項目は、自然環境条件では気象および海象、地形、地質、生態系、景観、水利である。社会条件では社会構造および土地利用、交通基盤、競合施設、法規制、利害関係、住民意識などが挙げられる^{1), 4), 5)}。また、その検討内容としては、適地性の判定、機能検討、施設設計、砂浜設計、アセスメントに分けられており、例えば、自然環境条件のうち適地性の判定に必要な調査や検討項目は、気象では天候、気温、風（風速・風向）、海象では波浪（波高・周期・波向）、水質では水温、地形では広域な地形図や深淺図などが挙げられており、それらの結果から適地性の判定を行うと云うように、各調査目的ごとに必要な項目も示されてはいる⁴⁾。そこで、この章では、実際に人工海浜を造成する場合、利用者にとってどのような自然的条件を有する砂浜が望ましいかを明らかにすることを目的として研究を行った。ただし、自然条件の項目の中でも、生態系や周辺の景観および水利については、計画段階で検討されるべきものであるため、それらについては後章でふれることにし、ここではもっとも困難な対象である人工

海浜の造成に際しての海浜条件を検討した。ところで、海浜の利用という観点からは盛夏が重要であるので、いずれも調査日は7月末から8月初旬にかけての2～6日間であり、海水浴場が閉鎖されていない日に調査を行っていることから、日中の気温は30℃以上、天候もほとんどが晴天であるという条件が付加されている。したがって、海水浴場における自然環境調査の項目は、地形、地質、海象（水質も含む）の3項目とした。具体的には、海浜面積、利用密度、海浜勾配、底質粒径、水温（水深1m地点における水面下50cmのもの）、波高（水深1m地点における約2分間の最高水位と最低水位の差）、透視度（水深1m地点における水面下50cmのもの、JIS K0101 9）であり、いずれの海水浴場においても、地形および地質の項目を除き、各調査日の10時～15時までの間を1時間ごとに測定した。地形および地質の項目に関する計測は、シーズン終了直後に実施した。また、各調査日にはそれぞれの項目に対する利用者意識を直接面接法によるアンケート調査を行った。なお、アンケートはいずれの海水浴場でも砂浜の混み具合が一定となる12時～15時を対象とし、また1シーズンに1～3箇所の海水浴場で調査した。

本研究で調査対象とした海水浴場は、いずれも近畿圏内にある図-2.1に示した14海水浴場で、突堤や離岸堤などは設置されていないものほぼ自然海浜のものが9箇所、侵食された自然海浜に養浜土



図-2.1 調査対象海水浴場

表-2.2 調査対象海水浴場の自然環境

	汀線延長	海底勾配	底質の中央粒径		水温	透視度	波高	浮遊物・油膜	調査年月日
			汀線	前浜					
磯の浦海水浴場	1.0km	1/60	0.18mm	0.21mm	24～27℃	65～98cm	36cm	—	1980年7月25日～8月7日
浦富海水浴場	1.2km	1/25～1/50	0.16mm	0.30mm	25.5～29℃	30cm以上	19～34cm	なし	1974年8月4日～5日
慶野松原海水浴場	2.5km	1/7	0.64mm	3.20mm	26～27.5℃	30cm以上	9～14cm	水アカ・ゴミ	1976年8月1日, 2日
白良浜海水浴場	0.7km	1/26	0.20mm	0.25mm	26～27℃	30cm以上	30～75cm	なし	1976年7月25日, 26日
須磨海水浴場	2.0km	1/25	2.20mm	0.40mm	24.5～26℃	15～30cm以上	23～60cm	木片・ゴミ	1974年7月28日, 30日
	2.0km	1/25	2.00mm	0.73mm	25～27℃	30cm以上	20～36cm	なし	1975年7月27日, 30日
	2.0km	1/25	0.58mm	0.62mm	22～27.5℃	28～30cm以上	25～40cm	水アカ	1976年7月18日, 8月5日
	2.0km	1/12	0.43mm	—	21～26℃	—	20～35cm	—	1977年7月10日, 26日
	2.0km	1/12	0.67mm	1.39mm	23.5～27.5℃	52～91cm	15～24cm	—	1980年7月25日～8月7日
	2.0km	1/12	0.43mm	0.58mm	24～28℃	35～100cm以上	10～40cm	—	1981年7月21日～8月6日
	2.0km	1/10～1/20	0.94mm	0.69mm	25.6～27.5℃	47～100cm以上	16～21cm	木片・ゴミ	1984年7月26日～8月1日
高浜海水浴場	1.2km	1/30～1/100	0.21mm	0.24mm	27～30℃	30cm以上	—	なし	1973年8月5日, 6日
竹野浜海水浴場	1.0km	1/26	0.30mm	0.37mm	26～29℃	30cm以上	7～18cm	なし	1975年8月2日, 4日
樽井海水浴場	0.4km	1/26	0.61mm	0.70mm	24.8～28.7℃	30～96cm	10～26cm	木クズ・海草	1991年7月28日～8月2日
淡輪海水浴場	0.4km	1/11	0.93mm	1.15mm	23.5～28.5℃	25～100cm以上	3～9cm	木クズ・海草	1982年7月31日～8月22日
	0.4km	1/12	1.46mm	1.29mm	23.8～31.3℃	14～100cm以上	1～10cm	海草・ゴミ	1983年7月24日～8月6日
	0.4km	1/12	0.67mm	0.88mm	25.6～27℃	93～100cm以上	3～4cm	海草・ゴミ	1984年7月24日, 8月3日
	0.6km	1/13	0.95mm	1.22mm	25～28.3℃	54～100cm以上	4～6cm	木クズ・海草	1985年7月29日～8月4日
	0.6km	1/13	1.20mm	1.26mm	24.2～29.9℃	56～100cm以上	3～7cm	海草・ゴミ	1986年8月6日～8月10日
	0.6km	1/13	1.20mm	1.26mm	24.2～29.9℃	56～100cm以上	3～7cm	海草・ゴミ	1987年7月29日～8月9日
	0.6km	1/17	0.75mm	0.78mm	23.8～25.5℃	30～100cm以上	2～10cm	海草・ゴミ	1988年7月27日～8月4日
	0.6km	1/18	0.76mm	1.26mm	25.5～28℃	28～100cm以上	4～20cm	海草・ゴミ	1989年7月26日～8月8日
二色の浜海水浴場	1.2km	1/40～1/60	0.31mm	0.16mm	27～30℃	6～30cm以上	—	木片・海草	1973年7月29日
	1.2km	1/50	4.40mm	0.28mm	27～30℃	6～30cm以上	10～20cm	木片・海草	1974年8月9日, 10日
	1.2km	1/50	0.25mm	0.22mm	27～30℃	6～25cm	9～15cm	木片・ゴミ	1975年7月20日, 24日
	1.2km	1/24～1/26	0.45mm	—	26～31℃	—	8～14cm	—	1977年7月17日, 8月2日
	1.2km	1/18～1/46	1.72mm	4.49mm	25.8～31.3℃	29～100cm以上	2～6cm	海草	1986年7月29日～8月3日
	1.1km	1/35～1/50	1.49mm	1.28mm	28～31℃	11.5～64cm	18～41cm	ゴミ	1990年7月28日～8月1日
	1.1km	1/15～1/24	1.38mm	0.81mm	28.5～31℃	58～100cm以上	11～26cm	海草・ゴミ	1996年7月27日～8月7日
箱作海水浴場	0.5km	1/11	0.93mm	1.15mm	23.5～28.5℃	25～100cm以上	3～9cm	木クズ・海草	1987年7月29日～8月9日
	0.5km	1/12	1.06mm	0.88mm	26.0～27.8℃	42～100cm以上	4～12cm	海草・ゴミ	1989年7月26日～8月3日
美浜松原海水浴場	1.2km	1/5	1.90mm	2.70mm	26～26.5℃	30cm以上	—	なし	1973年8月4日
湊小天橋海水浴場	2.0km	1/30	0.39mm	—	26～28℃	—	100～110cm	—	1977年8月6日, 7日
近江舞子水泳場	2.0km	1/5～1/7	1.10mm	1.70mm	28～32℃	—	—	—	1979年7月7日～8月12日

砂を投入した半自然海浜のものが2箇所（後に完全な人工海浜になった二色の浜海水浴場も含む）、完全な人工海浜のものが3箇所である。調査対象とした海水浴場は表-2.2に示すとおりであり、それらの立地条件および自然環境調査の概要は次のようである。なお、これらのうち、浦富、慶野松原、白良浜、須磨および竹野の5海水浴場は、「日本の渚・百選」にも選ばれている風光明媚な海岸である¹⁾。また、図-2.2(a)~(j)にはそれらの地形図を示した。

1) 磯の浦海水浴場

和歌山市の北西部に位置し、大阪湾南部に面した汀線延長約1kmの海水浴場である。和歌山県と大阪府の県境にあることから、大都市近郊における残り少ない自然のままの海水浴場でもある。平均海底勾配（ここでは、汀線から水深2mに至る海底勾配と定義する。）

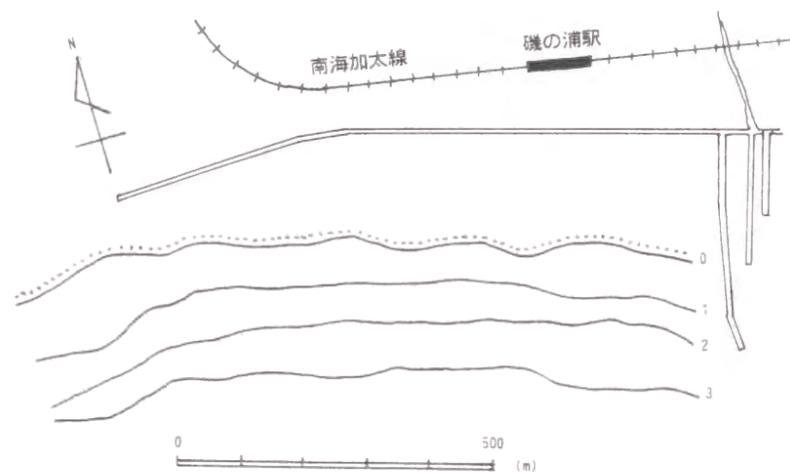


図-2.2(a) 磯の浦海水浴場

は1/60と緩く、底質の中央粒径は汀線で0.18mm、前浜部で0.21mmとかなり小さい。なお、調査日の海象条件は、水温24~27°C、透視度65~98cm、波高36cm、浮遊物・油膜は確認されていない。

2) 浦富海水浴場

鳥取県岩美町にあり、日本海に面した汀線延長約1.5kmの海水浴場である。深浅測量の結果がないが、著者らが汀線から水深1mまでの平均海底勾配を測定した結果によれば、1/25~1/50であった。底質の中央粒径は汀

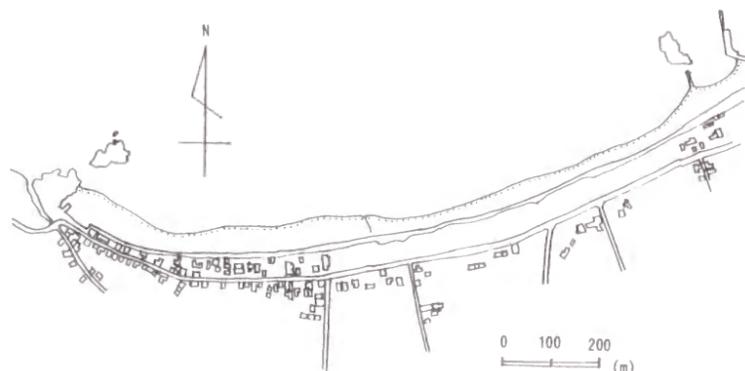


図-2.2(b) 浦富海水浴場

線で0.16mm、前浜部で0.3mmである。なお、調査日の海象条件は、水温25~29°C、透視度30cm以上、波高20~30cm、浮遊物・油膜は確認されていない。

3) 慶野松原海水浴場

兵庫県西淡町にあり、淡路島西岸の播磨灘に面した汀線延長約2.5kmの海水浴場である。平均海底勾配は1/7、底質の中央粒径は汀線で0.64mm、前浜部で3.2mmである。なお、調査日の海象条件は、水温26~29°C、透視度30cm以上、波高10~15cm、浮遊物・油膜は確認されていない。

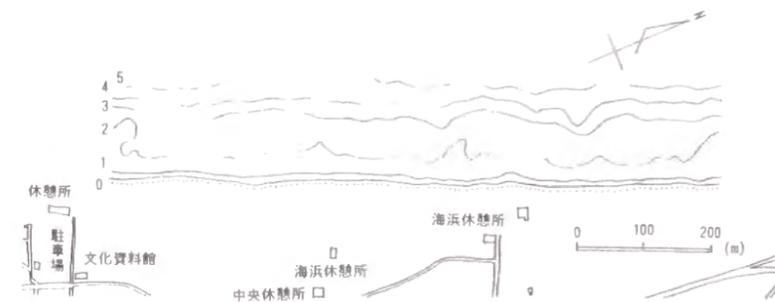


図-2.2(c) 慶野松原海水浴場

4) 白良浜海水浴場

和歌山県白浜町にあり、太平洋に面した汀線延長約700mの典型的なポケットビーチの海水浴場である。平均海底勾配は1/26、底質の中央粒径は汀線で0.2mm、前浜部で0.25mmと小さく、飛砂による砂

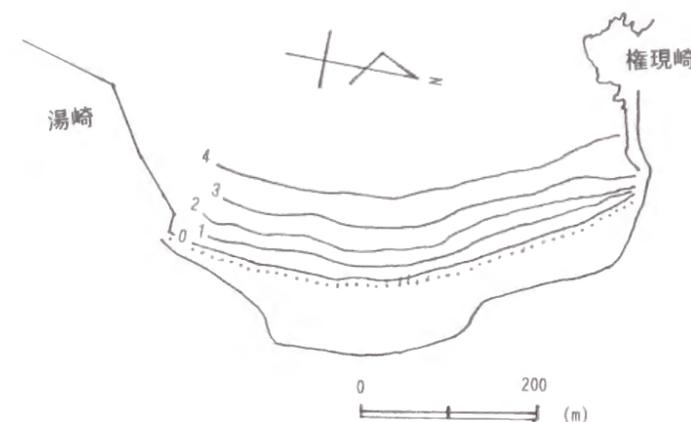


図-2.2(d) 白良浜海水浴場

の消失も起きている。なお、調査日の海象条件は、水温26~27°C、透視度30cm以上、波高30~75cm、浮遊物・油膜は確認されていない。しかしながら、調査当日の1976年7月25日は台風の影響もあって、水温がやや低く、波高がかなり高いなど、海水浴にはあまり適さない条件であった。

5) 須磨海水浴場

神戸市の西端に位置する阪神間に残された唯一の自然海浜が現存する海水浴場であるが、1973年から1981年にかけて汀線延長約2kmのうち0.8kmが養浜され半人工海浜の海水浴場として整備拡張された。しかし、残りの約1.2kmは侵食対策工の突堤

が設置されている程度であり、ほぼ自然海浜が残っている。須磨海水浴場では、平均海底勾配が1/10~1/25、底質の中央粒径は汀線で0.43~2.2mm、前浜部で0.4~1.39mmといずれもかなり異なる値を示している。

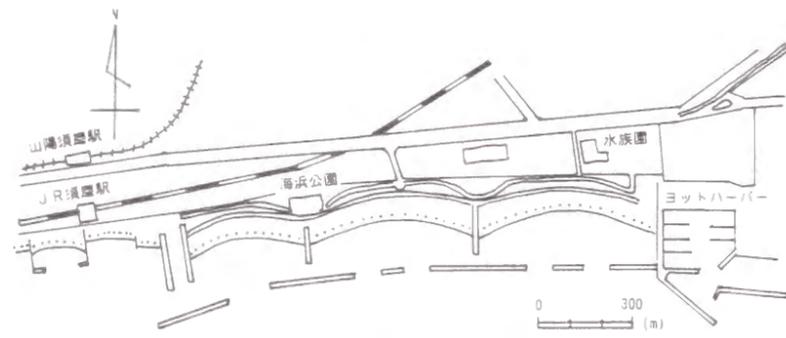


図-2.2(e) 須磨海水浴場

これは、自然のままの駅前地区のものは海底勾配が緩く粒径も小さいが、養浜された公園前地区では海底勾配が急で粒径も大きい。なお、調査日の海象条件は、水温22~28°C、透視度15~100cm以上、波高10~60cmであり、浮遊物・油膜については、1976年以前は木片やゴミが確認されていたが、それ以後は確認されていない。このように、養浜によって整備拡張された区域とそうでない区域は、同一海水浴場でありながらかなり海浜条件が異なっている。したがって、本研究ではこれ以後1980年以降のものについては、養浜された須磨海浜公園前地区とほぼ自然のままの砂浜であるJR須磨駅前地区の二つに分けて取り扱う。

6) 高浜海水浴場

福井県高浜町にあり、汀線延長約1.2kmの若狭湾に面した海水浴場である。平均海底勾配は1/30~1/100の遠浅海岸である。底質の中央粒径は汀線で0.21mm、前浜部で0.24mmである。

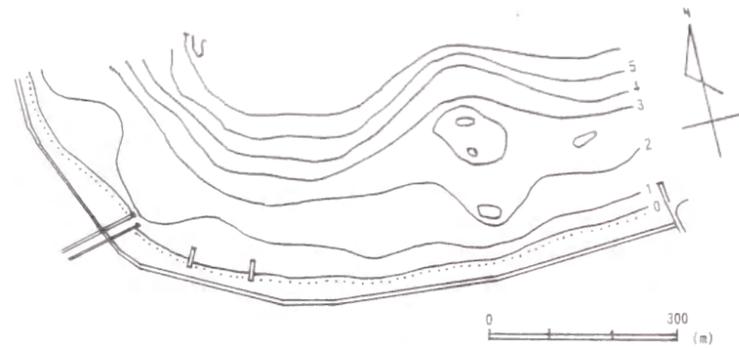


図-2.2(f) 高浜海水浴場

なお、調査日の海象条件は、水温27~30°C、透視度30cm以上、波高の測定はしていないが、浮遊物・油膜は確認されていない。

7) 竹野海水浴場

兵庫県竹野町にあり、日本海に面した汀線延長約1kmの海水浴場である。地形は

完全なポケットビーチであり、平均海底勾配は1/10~1/30、底質の中央粒径は汀線で0.3mm、前浜部で0.37mmである。なお、調査日の海象条件は、水温26~29°C、透視度30cm以上、波高10~15cm、浮遊物・油膜は確認されていない。

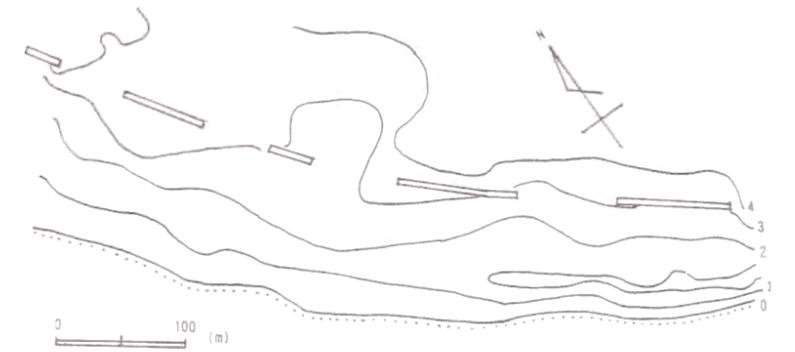


図-2.2(g) 竹野海水浴場

8) 樽井海水浴場

大阪府泉南市にあり、関西新空港の対岸に位置する完全な人工海水浴場である。この海水浴場の造成には、ヘッドランド工法が採用されており、他の海水浴場と異なり前面に潜堤や離岸堤が設置されておらず、両側の突堤で包み込まれるような形状をしている。

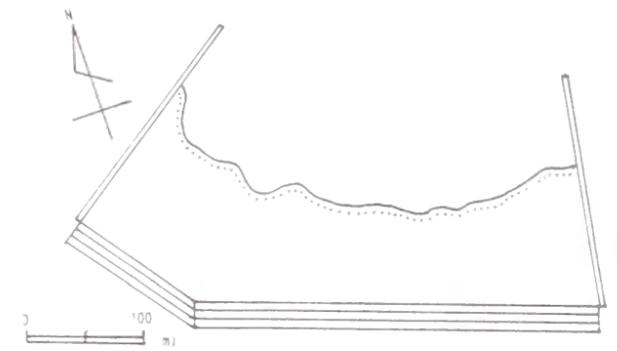


図-2.2(h) 樽井海水浴場

汀線延長は約400mである。平均海底勾配は計画では1/34であるが、水深2mまでの平均勾配は1/26である。底質の中央粒径は汀線で0.61mm、前浜部で0.7mmである。なお、調査日の海象条件は、水温24.8~28.7°C、透視度30~96cm、波高10~26cm、浮遊物・油膜としては木片、海草、ゴミが確認されている。

9) 淡輪海水浴場

大阪府泉南郡岬町にあり、大阪湾の南端に位置する完全な人工海水浴場である。この海水浴場は、大阪府が泉南市から岬町にかけて建設を進めている「せんなん里海公園」の南西側の一部であり、淡輪海水浴場としての汀線延長は、1982年の開設当初が約400m、85年に約200m新設され現在は約600mである。平均海底勾配は計画では1/20であるが、水深2mまでの平均勾配は1/11~1/13である。底質の中央粒径は汀線で0.67~1.46mm、前浜部で0.88~1.29mmである。なお、調査日の海象条件

は、水温23.5~31.3℃、透視度14~100cm以上、波高1~10cm、浮遊物・油膜としては木片、海草、ゴミが確認されている。

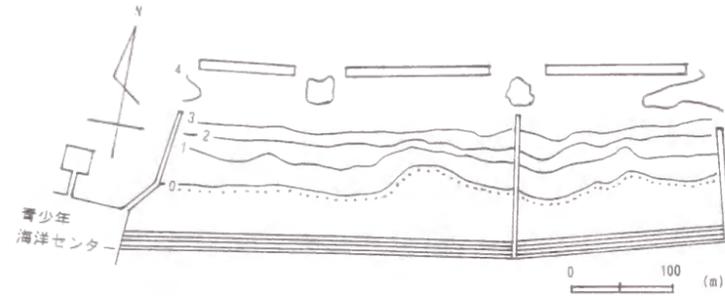


図-2.2(i) 淡輪海水浴場

10)二色の浜海水浴場
貝塚市にあり、汀線延長約1.2kmの大阪湾に面した唯一の海水浴場である。また、1966年にわが国で初めて養浜によって海岸保全を図った海岸としても著名である。さらに、関西国際空港の建設に伴う阪神高速湾岸線の道路建設のため、1986年

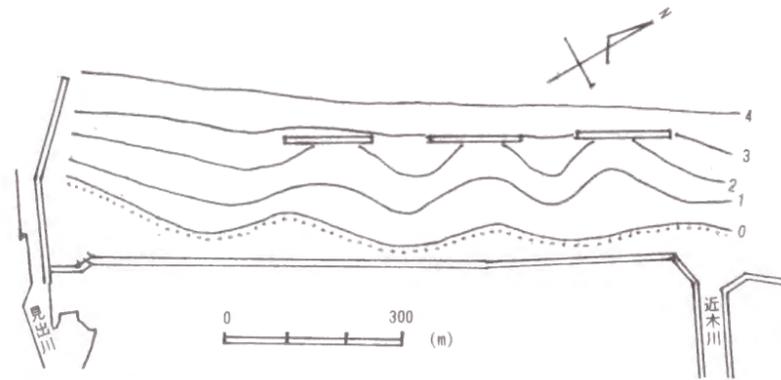


図-2.2(j) 二色の浜海水浴場

から海浜の沖出しと離岸堤の潜堤化などの「二色の浜海岸環境整備事業」が行われ、半自然海浜の海水浴場から完全な人工海浜のものへ変わっている。平均海底勾配は1/15~1/60、底質の中央粒径は汀線で0.25~1.72mm、前浜部で0.16~1.28mmといずれもかなりのばらつきが見られ、半自然海岸のときのものとは人工海浜のものとは大きく異なっている。また、調査日の海象条件は、水温27~31.3℃、透視度6~100cm以上、波高2~41cm、浮遊物・油膜としては木片、海草、ゴミが確認されている。なお、波高についても、海底勾配や底質粒径と同様に、かなりのばらつきが見られるが、これは海岸構造物によるものである。

11)箱作海水浴場

泉南市にあり、大阪湾の南端に位置する完全な人工海水浴場である。この海水浴場は、大阪府が泉南市から岬町にかけて建設を進めている「せんなん里海公園」の北東側の一部であり、箱作海水浴場としての汀線延長は、1986年の開設当初から約500mである。平均海底勾配は淡輪海水浴場と同様に、計画では1/20であるが、水

深2mまでの平均勾配は1/11である。底質の中央粒径は汀線で0.93mm、前浜部で1.15mmである。なお、調査日の海象条件は、水温23.5~28.5℃、透視度25~100cm以上、波高3~9cm、浮遊物・油膜は木片、海草が確認されている。

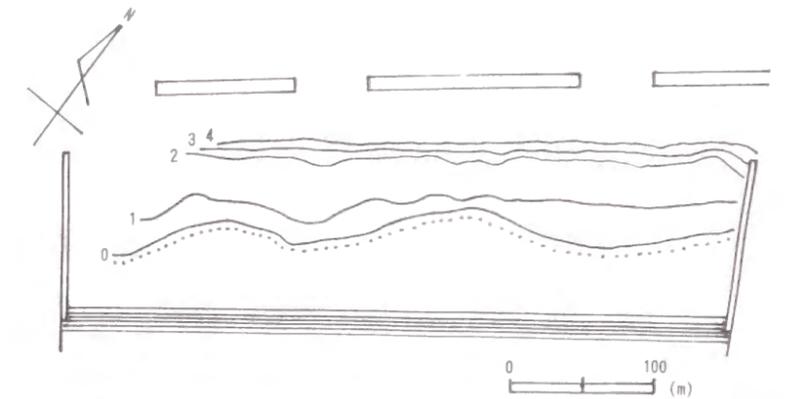


図-2.2(k) 箱作海水浴場

12)美浜松原海水浴場
福井県美浜町にあり、日本海に面した汀線延長約2kmの海水浴場である。詳細な深浅測量の結果がないので明確ではないが、平均海底勾配は1/5~1/10のきわめて急深の海岸である。底質の中央粒

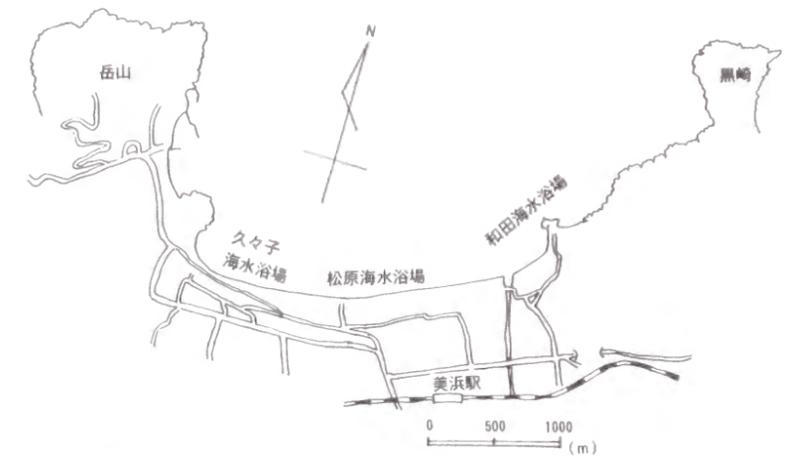


図-2.2(l) 美浜松原海水浴場

径は汀線で1.9mm、前浜部で2.7mmとかなり粗い粒径である。なお、調査日の海象条件は、水温26℃、透視度30cm以上、波高の測定はしていないが、浮遊物・油膜は確認されていない。

13)湊小天橋海水浴場

京都府久美浜町にあり、日本海に面した汀線延長約2kmの海水浴場である。平均海底勾配は1/30であり、底質の中央粒径は汀線で0.39mmである。なお、

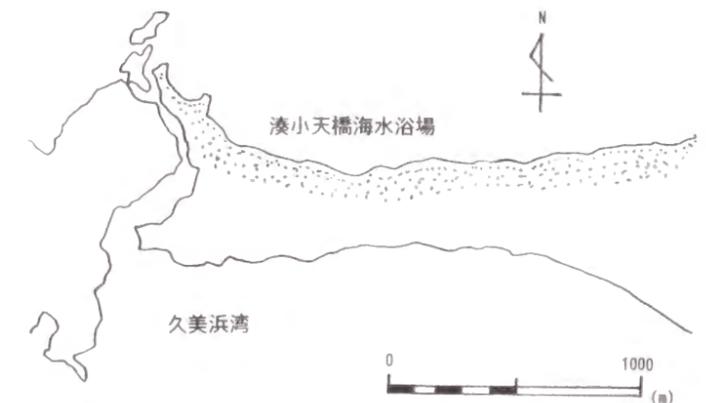


図-2.2(m) 湊小天橋海水浴場

調査日の海象条件は、水温が26～28℃であるが、低気圧の影響もあって波高は100～110cmと高く、強い離岸流が発生しており、高齢者や子供たちにはかなり危険な状態であった。浮遊物・油膜としては木片、海草が確認されている。

14) 近江舞子水泳場

滋賀県志賀町にあり、琵琶湖の湖西に面した汀線延長約2kmの水泳場である。淡水はあるが、京阪神から日帰りの利用が可能な琵琶湖でも屈指の水泳場である。水深3mまでの平均海底勾配は1/7 (1979年9月8日、

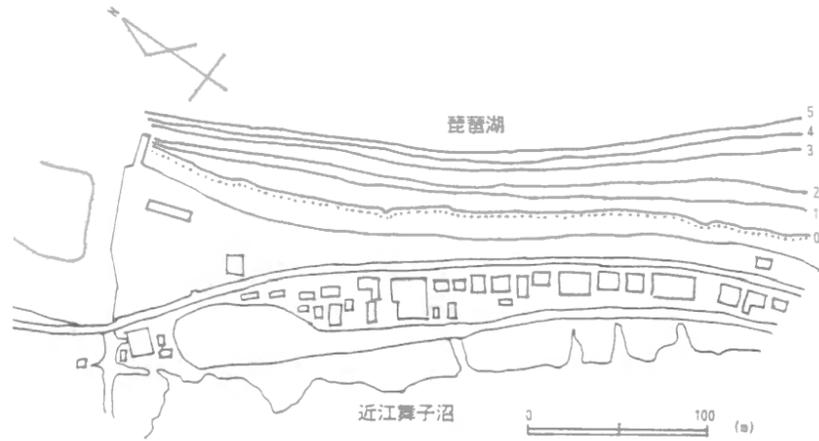


図-2.2 (n) 近江舞子水泳場

琵琶湖の水位-30cmで測定) とかなり急であり、底質の中央粒径は汀線で1.1mm、前浜で1.7mmである。なお、調査日の水温は28～32℃であったが、それ以外の海象条件については測定していない。

2.3 砂浜海浜リゾートの環境条件

ここでは、表-2.2で示した海水浴場のうち延19箇所の海水浴場で行った自然環境と利用者(延総数10,202人)に対する意識調査の結果をとりまとめ、海浜の利用密度や自然条件と満足度(それぞれの要因に対し満足を示す者と全調査者との比)との関係を検討することによって、利用者からみた砂浜海浜リゾートの望ましい自然環境条件を明らかにする。

2.3.1 利用密度と満足度との関係

海水浴場の規模を決定する際、砂浜の利用率や回転率とともに所要原単位が重要な要素であり、この値が海水浴場の混雑の度合に大きく影響を与える。人工海浜の所要規模A(m²)は、一般に次式によって算定される¹⁾。

$$\left. \begin{aligned} A &= R \cdot n \cdot u / P \\ n &= r \cdot N \end{aligned} \right\} \quad (2.1)$$

表-2.3 砂浜と遊泳区域の必要原単位

	必要原単位	利用率	回転率
砂浜	4～14 m ² /人 新全総 7 m ² /人	100 %	1.0～1.5 回/日
遊泳水域	3～15 m ² /人	同時入場者の 20～50 %	1.0～1.5 回/日

ここに、R:施設の所要原単位、u:施設の利用率(1日当りの海浜利用者中その施設を利用する者の率)、P:施設の回転率(対象施設の利用者の滞在時間と活動時間との比)、n:日最大海浜利用者数、r:利用者の日集中度(特定の一日の総利用者数と年間総利用者数との比)、N:計画対象年間総利用者数である。このうち、人工海浜の基本施設である砂浜と遊泳水域についての所要原単位などは表-2.3のようである¹⁾。また、日集中度は近隣海岸の実績を参考として決定するが、多くの海水浴場での調査結果によると、最高でも0.225であり、最多値は0.025～0.05である¹⁾。

海水浴場として利用される海浜面積の所要規模は、式(2.1)によって求められるが、それによって算定された海浜面積を持つ海水浴場に対する利用者意識については、これまで検討されていない。そこで、ここでは海浜面積や砂浜の利用密度に対する利用者意識を検討することによって、海水浴場としての望ましい海浜条件を明らかにする。

図-2.3は、海水浴場の海浜面積とその満足度との関係であり、この場合の満足度とは、海浜面積に対して「広い」、「やや広い」、「適当」と答えた者の全調査者に対する百分率である。なお、図中の直線は、1973年から1981年までの間に、自然海浜および半自然海浜の延べ19箇所の海水浴場で行った調査結果を総括し、砂浜面積X_A(10⁴m²)とその満足度W_A(%)との関係から求めた回帰式である。

$$W_A = 56.27 + 4.36 X_A \quad (1 \leq X_A \leq 8) \quad (2.2)$$

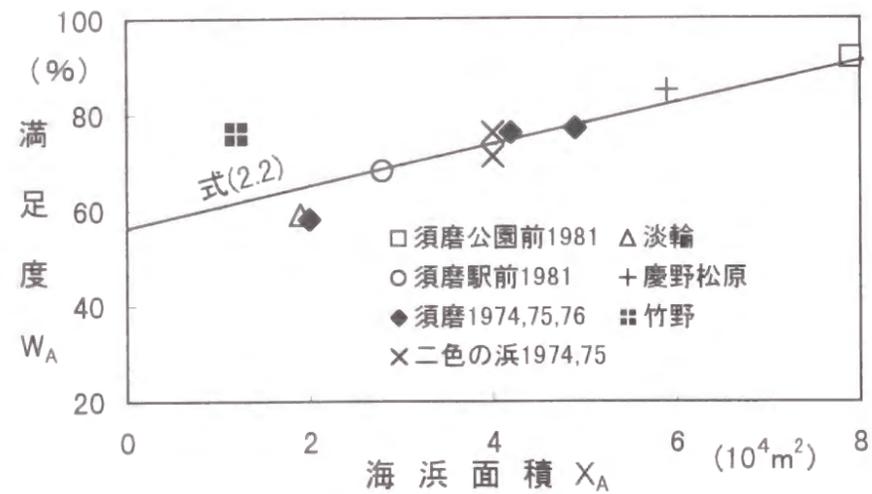


図-2.3 海浜面積に関する満足度

これによると、海浜面積の増大とともに海浜利用者の満足度も高くなっている。また、式(2.2)によると、10,000m²で約60%、80,000m²では約95%の満足度が得られている。したがって、利用者の多くが海水浴場の広さに対して満足するためには、すべての砂浜面積は少なくとも10,000m²以上が必要であるといえる。

図-2.4は、砂浜の利用密度とその満足度との関係であり、この場合の満足度は、砂浜の混み具合に対して「すいている」、「ややすいている」、「適当」と答えた者の全調査者に対する百分率である。なお、図中の曲線は、砂浜の利用密度 Y (m²/人) と混み具合に関する満足度 W (%) との関係から求めた回帰式である。また、混み具合に関する満足度は、同じ利用密度であっても大都市近郊のものと遠隔地のものとは、大きく異なるため、大都市近郊地の海水浴場と遠隔地のものに分けて次式を得た。

大都市近郊地の海水浴場

$$W = -12.85 + 43.01 \log Y \quad (2.3)$$

大都市遠隔地の海水浴場

$$W = 19.18 + 15.28 \log Y \quad (2.4)$$

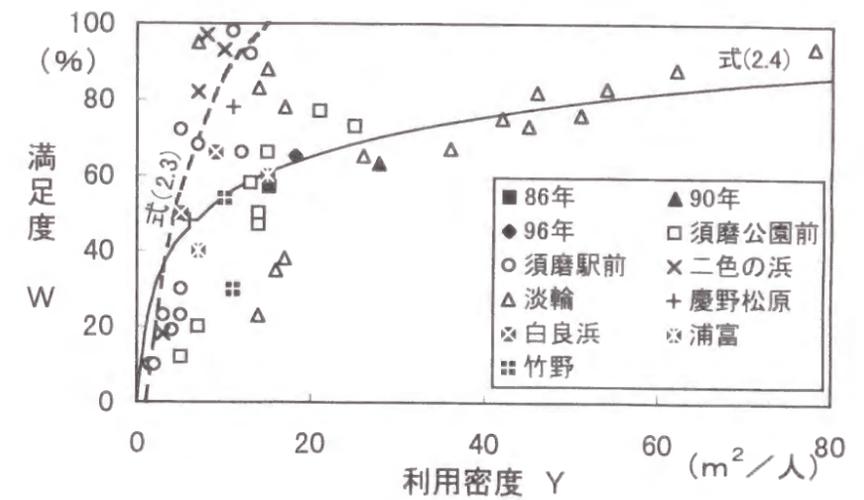


図-2.4 利用密度に関する満足度

これによると、△でプロットした淡輪海水浴場での実測値は、大都市近郊の海水浴場であるにもかかわらず、利用密度が大きいところでは自然海浜の海水浴場から求めた遠隔地型の式によく一致している。このことから、海水浴場の混み具合、すなわち利用密度に対する利用者の意識には、その海水浴場が自然海浜であるか人工海浜であるかという違いや地理的な位置による違いより、むしろ利用密度の大小の影響のほうが大きいことがわかる。

また、式(2.3)および(2.4)によると、米国の基準である13m²/人では大都市近郊地のもので約95%、遠隔地のもので約55%の満足度が得られるのに対し、わが国の四全総の最終目標値である7m²/人では、それぞれ70%と50%程度の満足度しか得られない。したがって、人工海浜の砂浜の所要原単位としては、50%以上の利用者が満足することを基準とすれば、少なくともわが国の最終目標値を確保することが必要である。

さらに、海水浴場の混み具合に対する満足度には、その時の総利用者数も大きく影響するものと思われる。そこで、海浜面積を利用密度で除したものを推定総利用者数 X (10³人) と定義し、これと砂浜の混み具合に関する満足度 W (%) との間係を求めたものが図-2.5である。なお、図中にはこれらのデータから求められる回帰式(2.5)を示している。

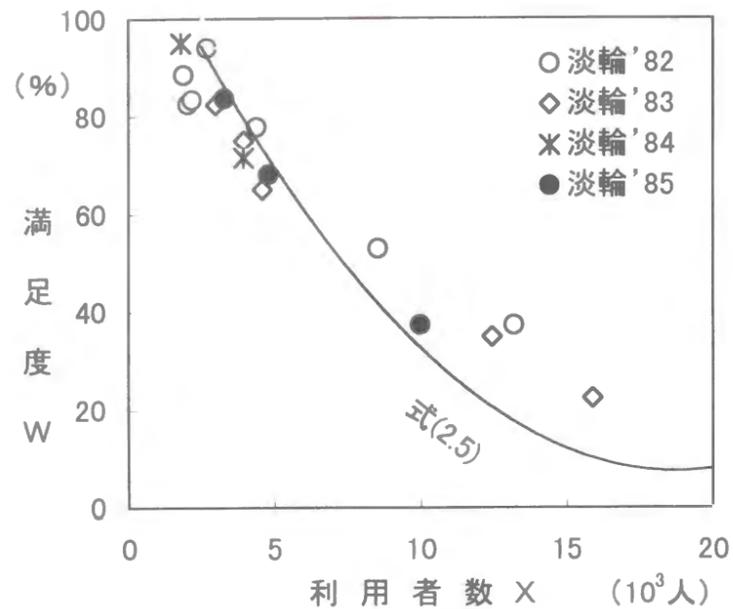


図-2.5 総利用者数に関する満足度

$$W = 141.33 \exp(-0.15 X) \quad (1 \leq X < 20) \quad (2.5)$$

ここに用いたデータはすべて20,000㎡以下の海水浴場でのものであるため、砂浜面積が20,000㎡程度までの海水浴場については、式(2.5)からも、砂浜の混み具合に関する満足度を推定することができる。

以上のことから、海水浴場の総利用者数がほぼ正確に推算できる場合、混み具合に関する満足度については、海浜面積と利用密度の両者を考慮した式(2.5)を用いた方がよいようである。

2.3.2 海浜条件と満足度との関係

海水浴場として利用される人工海浜の建設場所やその海浜面積が決定されると、次はその平面形状や海浜条件などが問題となる。人工海浜の建設に際して、その平面形状については、従来から建設前の周辺の地形や景観など比較的考慮されている。しかし、前浜勾配や底質の粒径などの海浜条件については、今まであまり重要視されていなかった。そのため、それまでの海浜の浜砂の粒径よりも大きく、侵食され

にくい養浜砂が用いられており、また土砂の投入を比較的狭い範囲にしたことから急勾配で建設されていた。しかしながら、海洋性リクリエーションの多様化とともに砂浜の重要性が再認識されるようになると、前浜勾配や底質の粒径などの海浜条件はその海浜を評価する際の大きな要因になってきた。そこで、ここでは前浜勾配および砂浜の底質粒径に対する利用者意識を検討することによって、海水浴場としての望ましい海浜条件を明らかにする。

海水浴場として利用される海浜の場合、海浜勾配については、砂浜のものより汀線から水深2mまでの遊泳水域の勾配が重要である。図-2.6は、汀線から水深2mまでの遊泳水域の海底勾配とその満足度との関係であり、この場合の満足度は、海底勾配に対して「適当」と答えた者の全調査者に対する百分率である。なお、図中の曲線は、水深2mまでの海底勾配 X_g ($\cot \theta$) とその満足度 W_g (%) との関係から求めた次式である。

$$W_g = -0.02 X_g^2 + 1.91 X_g + 27.34 \quad (10 \leq X_g \leq 60) \quad (2.6)$$

これによると、実測値に若干のばらつきを認めるものの、これらから得られた式(2.6)に比較的良好に一致している。式(2.6)によると、海底勾配が1/15より緩くなれば、50%以上の満足度が得られ、最大満足度を示す勾配は1/45で73%となる。また、

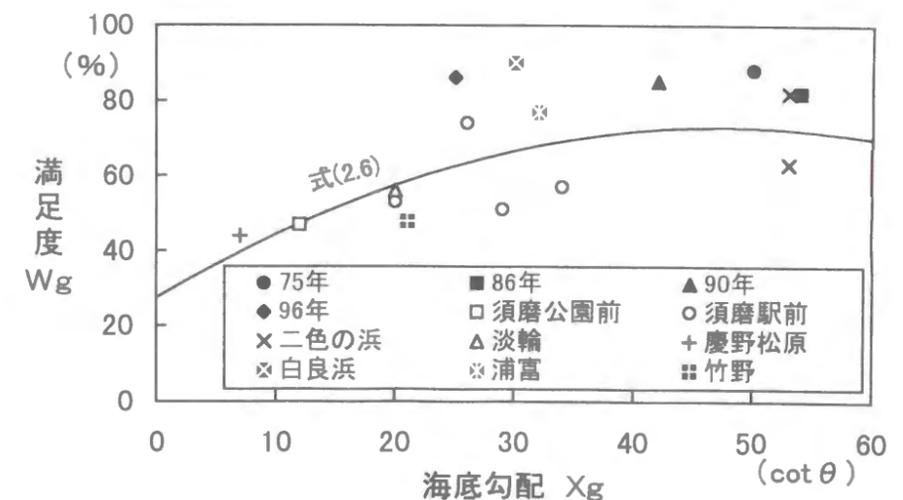


図-2.6 海底勾配に関する満足度

海底勾配はあまり緩くなり過ぎると、遊泳が可能となる水深までが遠いと言った意見も聞かれたことから、勾配が1/50よりも緩やかになると満足度は逆に低下するようであり、利用者にとって望ましい海底勾配は1/30~1/50程度であろう。

底質については、海水浴場では遊泳水域における粒径より砂浜の粒径のほうが重要であることが見いだされている。一般に、養浜砂は、その材質、砂浜の安定性、採取可能量、価格などを考慮して選定するが、材質に関しては火山噴出物や貝殻などの低比重物質を多量に含まないものがよい。また、底質の粒径は、砂浜の安定性からは粗い方がよく、利用者の感触からは、泥質にならない程度に細かい方がよい。図-2.7は、海水浴場における砂浜の底質の中央粒径とその満足度との関係であり、この場合の満足度は、砂の粗さに対して「適当」と答えた者の全調査者に対する百分率である。なお、図中の曲線は、砂浜の底質の中央粒径 X_d (mm) とその満足度 W_d (%) との関係から求めた次式である。

$$W_d = 78.55 - 41.94 X_d \quad (0.2 \leq X_d \leq 0.8) \quad (2.7)$$

これによると、粒径が小さくなるほど満足度は高くなるが、粒径が0.5mm以下になると、実測値のばらつきも大きくなる。特に、0.3mm以下のものはその傾向が顕著である。これは、砂浜の底質についての満足度が、砂の粒径だけでなく、その淘汰

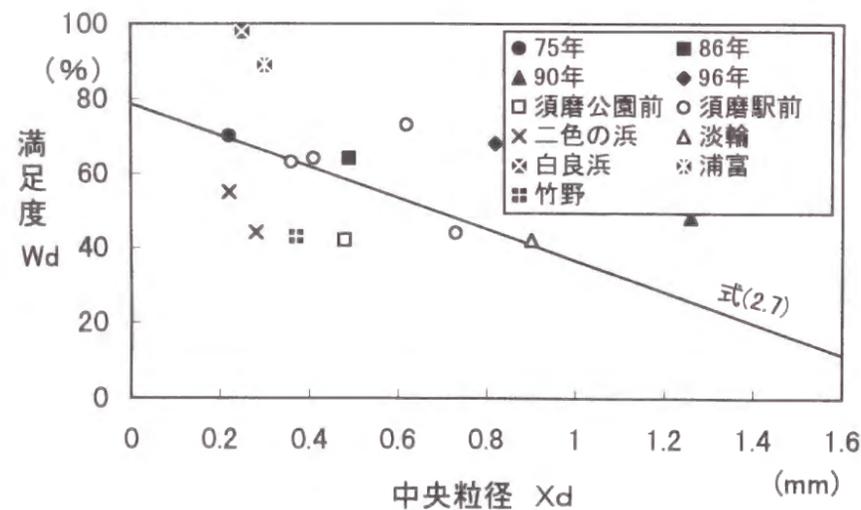


図-2.7 底質に関する満足度

係数 ($S_v = \sqrt{d_{10}/d_{90}}$: 底質粒度組成の均一度の指標であり、 S_v は1に近づくほど粒度組成が均一であることを示す。) や貝殻混入率 (底質に含まれている貝殻の重量百分率)、さらには砂そのものの色調や材質などにも影響されるためであろう。特に、貝殻混入率の大きい底質については、割れた貝殻が素肌にあたる感触を悪くするため満足度はかなり低下する。したがって、海水浴場の養浜砂としては、式(2.7)で利用者の満足度が50%以上になる中央粒径が0.8mmより小さく、なおかつ均一で貝殻などが混入していないものが望ましい。

2.3.3 海象条件と満足度との関係

気象および海象条件のうち、気温、日照、降水、風、水温などは人為的な制御がほとんど不可能であるが、これらは海水浴の条件としては非常に重要な要因である。堀川ら^{9,10)}はこれらの海水浴への適用条件として、日平均気温24℃以上、日照5時間以上、風速5m/s以下、水温23~25℃を提案している。さらに、これらの条件の中でも気温と水温は特に重要な条件であることから、20代前半の男性に対して感じ(官能)調査を行い、気温24℃、水温23℃が快適と不快の境界であることを示している。しかしながら、海水浴はもっとも参加率の高いポピュラーな海洋性レクリエーションであり、また感じ(官能)には個人差があるので、20代前半の男性データだけをもとに示された結果は十分なものとはいえず、年齢別、性別の調査が必要であることも指摘している。そこで、ここでは海象条件のうち、水温、透視度、波高に対する利用者意識を検討することによって、海水浴場としての望ましい海象条件を明らかにする。

図-2.8は、遊泳区域内の水温とその満足度との関係であり、この場合の満足度は水温に対して、「適当」と答えた者の全調査者に対する百分率である。なお、図中の曲線は、水温 X_w (℃) とその満足度 W_w (%) との関係から求めた次式である。

$$W_w = -2.49 X_w^2 + 137.5 X_w - 1822.34 \quad (24 \leq X_w < 30) \quad (2.8)$$

これによると、実測値にはかなりのばらつきが見られるが、満足度は27℃程度でもっとも高くなるようである。これは、水温があまり高くなると水泳などの運動には適さなくなるためであろう。式(2.8)によると、最適水温は27.5℃でその時の満足度は72%となる。また、水温が25~30℃であれば、50%以上の満足度が得られるこ

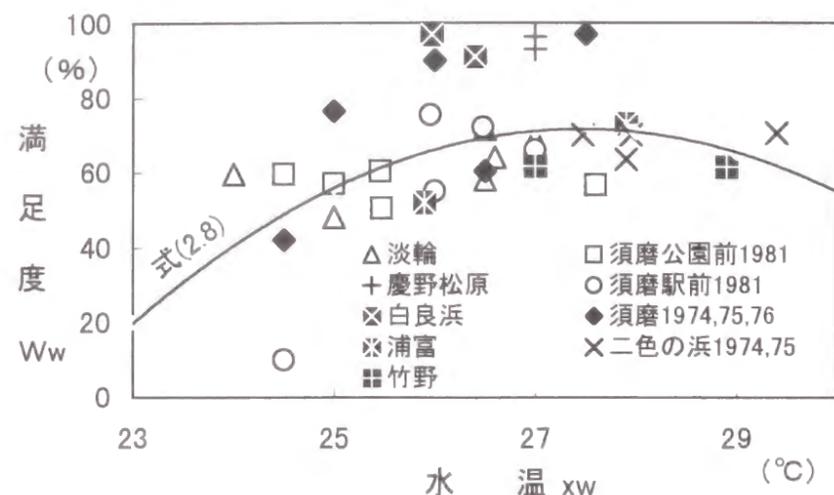


図-2.8 水温に関する満足度

とになる。したがって、人工海浜によって、新しく海水浴場を造成する場合、その建設場所としては、海水浴シーズンを通して水温25~30°Cが維持される水域が望ましい。

一方、自然条件のうちでも、流れ、波高、水質などは、人為的な制御がいくらかは可能である。海水浴場の条件としては、流れは微弱であり、波高は0.5m以下とされている⁹⁾。また、流れのうち、もっとも危険なものは離岸流であり、九十九里浜における調査結果によると¹⁰⁾、遊泳限界流速は50cm/s、遊泳注意報がもっとも多く発令されるのは20~30cm/s程度であることが指摘されている。

図-2.9は、遊泳区域内の波高とその満足度との関係であり、この場合の満足度は、波高に対して、「適当」と答えた者の全調査者に対する百分率である。なお、図中の曲線は、波高 X_h (cm) とその満足度 W_h (%) との関係から求めた次式である。

$$W_h = -0.032 X_h^2 + 1.72 X_h + 40.93 \quad (5 \leq X_h < 50) \quad (2.9)$$

これによると、波高が小さいときと大きいときの実測値にかなりのばらつきが見られるが、20~40cm程度のものはよく一致している。この波高が小さいときと大きいときのばらつきの原因は、波高に対する満足度には年齢・性別などによる個人差が

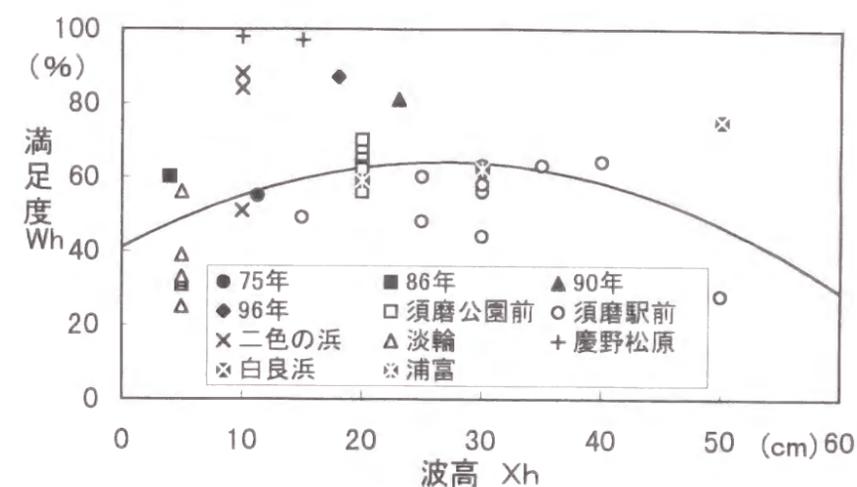


図-2.9 波高に関する満足度

大きいためであろう。式(2.9)によると、最適波高は28cmで、満足度は60%であり、波高が15~45cmであれば、満足度は50%以上になる。なお、波高に対する利用者意識は、一般に、高年層は小さい波高、若年層は大きい波高の波を望む傾向がみられる。したがって、同一の遊泳水域内で大小さまざまな波高になるように、海岸構造物の配置などを工夫すべきである。

水質は、交通の便を含めた地理的条件と並んで、海水浴場の良否を決定する重要な要素である。海水浴場の水質基準としては⁹⁾、COD 2ppm以下、透視度30cm以上、大腸菌群数1,000MPN/100ml以下、油膜は肉眼で認めないこととされている。これらの水質基準の中で、一般の利用者が判断できるものは透視度と油膜の2項目であるが、油膜については定量化が難しいため、ここでは透視度に対する利用者意識を明らかにする。図-2.10は、透視度とそれに対する満足度との関係であり、この場合の満足度は、水質(水そのもの)に対して、「きれい」、「ややきれい」、「普通」と答えた者の全調査者に対する百分率である。なお、図中の曲線は、透視度 X_p (cm) とその満足度 W_p (%) との関係から求めた次式である。

$$W_p = -0.035 + 0.36 X_p \quad (10 \leq X_p < 100) \quad (2.10)$$

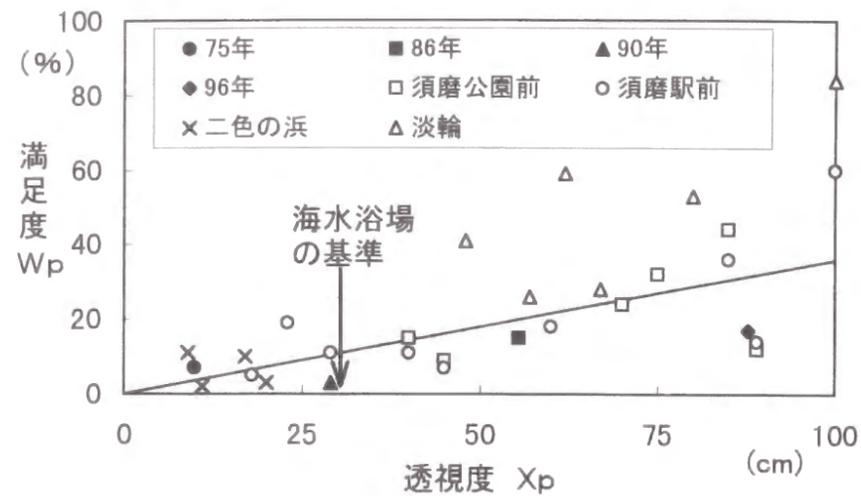


図-2.10 透視度に関する満足度

これによると、実測値にはかなりのばらつきが見られるものの、透視度が50cm以下では満足している人は最大でも20%程度である。また、式(2.10)によると、海水浴場の水質基準の透視度の下限値30cmでは、10%程度の満足度しか得られず、水質に関する利用者の要求はきわめて厳しいことがわかる。したがって、水質については、常時 100cm以上の透視度を確保することと同時に、遊泳区域内に浮遊物が流入したり、海藻などが発生しないような対策をあらかじめ講じておくべきである。

2.4 結語

以上、本章では、利用者からみた砂浜海浜リゾートの望ましい条件を明らかにする目的で、近畿圏内の多くの海水浴場で行った自然環境調査と利用者に対する意識調査の結果から、海浜の利用密度や自然条件とそれに対する満足度との関係を検討してきた。それらの結果を要約すると、次のようである。

- 1) 海浜利用者の砂浜面積に対する満足度は、面積の増大とともに高くなる。利用者の多くが満足するためには、10,000㎡以上の砂浜面積が必要である。
- 2) 海浜の利用密度に対する利用者意識には、その海水浴場が自然海浜のものか人工海浜のものか、あるいは大都市近郊のものか遠隔地のものかなど、地理的な位置による影響より利用密度の大小の影響のほうが大きい。人工海浜の所要原

単位としては、少なくともわが国の最終目標値を確保する。

- 3) 海水浴場の総利用者数が求まる場合、混み具合に関する満足度については、海浜面積と利用密度を考慮した式を用いた方がよい。
- 4) 利用者にとって望ましい海底勾配は、1/30~1/50程度である。
- 5) 砂浜の底質に対する満足度は、砂の粒径だけでなく、その淘汰係数や貝殻の混入率さらには砂そのものの色調や材質などにも影響される。また、養浜砂としては、利用者の満足度が50%以上になる中央粒径が0.8mmより小さく、なおかつ均一で貝殻などの混入していないものが望ましい。
- 6) 水温については、25~30℃であれば利用者の過半数が満足していることから、シーズンを通して水温25~30℃が維持される水域が望ましい。
- 7) 水質については、利用者がきわめて厳しいことがわかる。したがって、常時 100cm以上の透視度を確保することと同時に、遊泳区域内に浮遊物が流入したり、海藻などが発生しないような対策を、あらかじめ講じておくべきである。
- 8) 波高については、個人差が大きいが高年層は小さい波高、若年層は大きい波高の波を望む傾向があるため、同一の海水浴場内に、大小さまざまな波高になるように、海岸構造物の配置などを工夫すべきである。

参考文献

- 1) 畔柳昭雄：海洋性リクリエーション施設—計画とデザイナー—，技報堂出版，pp.3~35，1997.
- 2) 中小企業庁小規模企業部サービス業振興室編：海洋性レジャーのビジョン—大都市圏居住者の「海のある暮らし」の実現に向けて—，大蔵省印刷局，pp.5~13，1992.
- 3) 堀川清司：21世紀に向けての海辺の創造，波となぎさ，第128号，pp.2~3，1996.
- 4) 運輸省港湾局：人工海浜の建設技術マニュアル，pp.1~58，1979.
- 5) 畔柳昭雄：海洋性リクリエーション施設—計画とデザイナー—，技報堂出版，pp.153~194，1997.
- 6) 「日本の渚・百選」中央委員会編：「日本の渚・百選」公式ガイドブック，pp.59~72，1996.

- 7) 運輸省港湾局防災課：海岸環境整備に関する資料，1978.
- 8) 日本観光協会：観光計画の手法，p.254～268，1976.
- 9) 堀川清司・佐々木民雄・五十嵐元：海洋性リクリエーションとその環境，第19回海岸工学講演会論文集，pp.83～91，1972.
- 10) 佐々木民雄・堀田新太郎・五十嵐元・久保田進：海洋性リクリエーションに関する研究（第2報），第21回海岸工学講演会論文集，pp.471～475，1974.

3. 磯浜海浜リゾートの自然・生物環境

3.1 概説

全国総合開発計画は、1962年の「地域間の均衡ある発展」を基本目標とする第一次の計画から、1987年の「東京一極集中是正と多極分散型国土の形成」を基本目標とする第四次計画（四全総）まで4次にわたり策定され、現在5全総に基づく計画が実施されつつある。その根底に流れる共通の課題は、経済成長の過程で深刻化した人口・諸機能の特定地域への過度の集中と所得水準などの地域間格差を是正し、国土の均衡ある発展を図ることであった。また、国土の安全性や経済社会活動と自然環境との調和も重要な課題とされてきた。こうした課題の実現に向けて、国土の長期的な将来展望を踏まえつつ、時々の経済社会情勢に対応した開発方式を始めとする政策指針が提示され、それに基づいて様々な地域開発プロジェクトを含む地域振興政策や社会資本整備等が実施されてきた。その結果、これまでの4次にわたる全総計画は、過度の集中の是正と地域間格差の是正等に、解決すべき問題も数多く残されてはいるが、ある一定の成果を上げてきた。しかしその後、経済社会情勢が大きく変化してきたことから、1992年より国土審議会調査部会において四全総の総合的点検がなされ、1994年にまとめられた同調査部会報告において「国土政策をめぐる大きな条件変化に対応して、これまでの全総計画の単なる継続でない新しい理念に基づいた国土計画の策定が必要である。」との提言がなされた。これを受けて、国土審議会に計画部会が設けられ、国土の長期展望と主要計画課題等について検討がなされた。この計画部会でとりまとめられた「新しい全国総合開発計画」では、「生活の豊かさと自然環境の豊かさが両立する世界に開かれた活力ある国土の構築」が基本目標として掲げられ、これを踏まえ、1) 対応を迫られる自然災害への懸念と高齢社会への不安、2) 価値観に応じた暮らしの選択可能性の拡大、3) 人と自然との望ましい関わりの再編成、4) 経済構造の変革と地域経済基盤の強化、5) アジアとの相互依存関係の深化と世界への積極的貢献、の5項目が国土づくりの主要計画課題に挙げられている¹⁾。また、海岸長期ビジョン懇談会でも、わが国における21世紀の海岸空間の保全と創造の目標として、1) 自然と共生する海岸、2) 安全な海岸、3) 親しまれる海岸、4) 国土を守る海岸の4項目が挙げられている²⁾。このように、我が国における海岸の主要計画課題や整備目標として、「人と自然との望ましい関わり」や「自然と共生する海岸」を目指しているのが最近の大きな特徴

であり、これらは今後の海岸整備事業における主要な目標となるであろう。また、こうした海岸整備に際し取り組むべき施策として、良好な海岸環境の創造、海水・海域の浄化、海岸ゴミ対策の充実、環境教育の場としての活用および砂浜の確保などを図ることも示されている。さらに、自然の保全、回復および創出と環境への負荷の低減を進め、次世代への良好な海岸の継承が提唱されている²⁾。このように、最近の海岸・港湾施設の建設に際しては、防災機能だけでなくこうした種々の機能をもったものが要請されるようになってきている。例えば、大阪湾に面した淡輪・箱作海岸の人工磯は³⁾、こうした要請に応えた事例であろう。これは、大阪府が、魚介類の生息の場となる磯空間を積極的に創造し、生態系の保全に努めることを目指して造成しているものであり、その完成後には環境教育の場として体験フィールドとしても活用しようとしているものである。

一般に、沿岸域の環境を評価する場合、海水の水質や生息動物によって行われることが多く、海水の水質では、水温、塩分濃度、pH、DO、COD、SSおよび大腸菌群数などが、また生息動物ではその種数、個体数および多様性がそれぞれよく用いられている。前者の場合は、それぞれの項目ごとにJIS規格等に定められた計測器や方法によって比較的簡単に正確な値を測定することができるが、後者の場合は、種数や個体数によって評価するとかなりばらつくようである。多様な生態系が存在する環境とは、単に生息している生物の量が多いだけでなく、独占的に出現する種が存在せず、かつ豊富な種類の生物が存在し、その結果全体として生物の出現量が多いことである。この状態を生物学的に「多様性 (diversity) が高い」と表現する。例えば、東京湾や大阪湾の湾奥部のようになんかなり水質が悪化している場所では、酸素欠乏に強い少数の動物のみが多量に出現する。一方、大洋に面したサンゴ礁では多種多様な生物が生息しており、全体的に出現量も多い。仮に両者の総出現量が同じであるとすれば、後者のほうが多様性が高く、このような環境が「生物にやさしい」良好な環境といえる。多様性の表現については、多くの研究者によって様々な多様度指数 (index of diversity) が生物学的評価手法として提案されているが⁴⁾、どの多様度指数を用いればよいかということも問題である。そこで本研究では、生息動物の多様性を表す指標として、①根拠 (理論) が明確なこと、②計算が簡便であること、③サンプルサイズの影響を受けないこと、④生態学で現在一般的に用いられていることの4つの条件から、次式で表されるMacArthurの多様度指数 H' を用いることにした。

$$H' = - \sum \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N} \quad (3.1)$$

ここに、 n_i は*i*番目の出現種の個体数、 M は総個体数である。なお、 H' が大きいほど多様性が高く、多種多様な生物が生息していることを示している。

従来、海岸・海洋構造物への付着生物に関する研究については、海洋構造物である石油掘削リグや海洋観測施設へ生物が付着することによる抗力の増大や観測装置への直接的影響などから、円筒構造部材への生物付着に関する研究が盛んに行われてきた。また、漁網などの水産関連施設への生物付着についてもまた海藻などの付着による抗力の増大が漁業の遂行に支障を来すことから研究が行われていた。さらに、造船工学の分野では、船舶の船底への生物付着が汚損や推進力の低下を招くことから研究が行われてきた。このように海洋生物の付着に関する研究は、海岸・海洋工学関係の分野よりも、海洋生物学や造船工学の分野において、より早くから行われていたが、これらはいずれも大水深域での海洋施設を対象としたものであり、また付着生物を排除するための研究であった。したがって、浅水域に設置された海岸構造物への付着生物に関する研究や水産関係以外で海洋生物の生息を助長することを目的とした研究の歴史は浅く、最近になってようやく海岸構造物の設置による環境影響調査やミティゲーションのための生態系調査が行われるようになってきたのが現状である。また、これらの研究もそれぞれが各々の目的で研究を行っているため、系統的に検討されたものも少なく、海洋生物の生態系を積極的に活用した海岸構造物の設計法も確立されていないことから、前野ら⁵⁾は海洋生物の付着に関する文献調査を行い、それらを①海洋生物相および分布調査に関する研究②海洋付着生物に関する研究③海洋生物の生態に関する研究④海洋生物による水質浄化に関する研究⑤海岸構造物の設置による周辺環境への影響に関する研究⑥海洋における微生物・プランクトン・バクテリアに関する研究⑦海洋環境および海象に関する研究⑧海洋における土木材料に関する研究の8つに分類し、検討している。この結果も利用しながら、本研究の遂行に際し参考とした文献についてまとめると概ね次のようである。

まず、海岸構造物の設置による周辺環境への影響に関する研究については、防災を目的とした離岸堤や防波堤の建設であっても、海岸構造物は長期にわたって生態

系と調和していくことが重要である。このため、海岸構造物設置に伴う生態系変化を予測する手法の確立が望まれていることから、宇多ら¹⁾や檜山ら²⁾は、海岸保全施設の一つである離岸堤の設置が生態系に与える影響についての変化予測手法を提案し、その実用性について検討している。また、上月ら³⁾は、生態系を構成する生物種のなかから、周辺環境の変容をもっとも反映していると考えられるベントス群集に着目し、離岸堤周辺における調査を行っている。その結果、離岸堤の設置は、水質にはあまり影響を及ぼさないが、ベントス群集の種構成や多様性指数などに大きく影響を及ぼしていることを明らかにしている。しかしながら、このベントス群集への影響は、ベントスの生息場である砂の移動が主要因であろうと述べている。また、海岸・港湾構造物などの魚礁効果や水産価値の高いイセエビ、アワビ、ウニ、コンブなどの有用生物の生産効果に関する調査研究は、各地で様々な有用生物を対象に行われており、その例としては、谷野ら⁴⁾による北海道の瀬棚港における防波堤を対象としたもの、荘司ら⁵⁾による新潟西海岸における離岸堤や潜堤を対象としたもの、森平ら⁶⁾による石川県の七尾港における多孔式防波堤を対象としたもの、武藤ら⁷⁾による静岡県の御前崎港における防波堤を対象としたものなどがある。本研究の調査対象地である大阪湾のものでは、関西国際空港の人工島護岸における生物相の調査が森ら⁸⁾によって行われ、その建設に伴う生物的效果が示されており、特に魚礁としての効果が大きいことを明らかにしている。

また、港湾構造物の違いや海象条件と生物相との関係について検討されたものが非常に少ないことから、小笹ら⁹⁾は、港湾における生物との共生の第一歩として、既存の全国5港湾における環境調査の結果を用いて、生物の出現種類数と出現量を年間最大有義波高に相当する波浪時の構造物前面波高や構造形式から表現することを試みている。その結果、構造物の前面波高が2~3mを境として、動物の多い生物相と海藻の多い生物相に分かれること、また、直立構造物には動物が、傾斜構造物には海藻が卓越して出現することなどを明らかにしている。さらに、小笹ら⁹⁾は、前述のものに調査対象港湾を追加し、前述の生物分布の特性を実海域においても検証している。

こうした海洋生物付着に関する研究は、土木材料学の分野でも行われており、例えば、玉井ら¹⁰⁾・¹¹⁾は、ポーラスコンクリートへの海洋生物の付着について検討し、また、村上ら¹²⁾は、全国各地の港湾におけるコンクリート構造物への生物付着の実態調査を行っている。その結果、多孔質のコンクリートは、海洋生物にとって良好

な環境を作り出すことや、基質や基盤としてのコンクリート構造物は生物付着に対して天然岩礁と同程度の機能を有していることなど、いずれも興味深い結果が得られている。さらに、明田ら¹³⁾は、コンクリート構造物への生物付着を促進させることを目的として、コンクリート構造物への生物付着に及ぼす表面処理方法の違いを明らかにするため、①通常のコンクリート、②擬岩型枠による凹凸処理コンクリート、③薬剤処理コンクリート、④軽量多孔質なポーラスコンクリートの試験ブロックを現地へ設置し、それらへの生物付着を調査している。その結果、生物は通常処理のコンクリートや薬剤処理のものより凹凸処理やポーラスコンクリートのものへの着生がよいことを明らかにしている。

以上、海岸構造物の付着生物に関する研究のいくつかを取り上げてきたが、これらの研究はそれぞれが相異なる目的でなされていることや、ある特定なものを対象に行われているものがほとんどである。例えば、土木材料に関してもかなり調査研究はなされているが、そのほとんどがコンクリートを対象としたものであり、他の造成素材に対する研究はほとんどなされていない。したがって、これらの結果を人工磯の計画や設計にそのまま取り入れることは難しい。さらに、本研究で対象としたような生態系まで考慮した人工磯の造成事例は他にも例がなく、その造成技術に関する情報もほとんど持ち合わせていないのが現状である。

このようなことから、ここでは、人工磯が多種多様な生物にとって良好な環境となるための条件を明らかにすることを試みた。それにより、生物との共生を目指した人工磯の造成に際しての基礎資料を蓄積するとともに、造成技術の向上に寄与しようとするものである。

3. 2 自然・生物環境の調査方法

磯浜における付着動物の多様性と「地形」との関係性を明らかにし、生物との共生をめざした人工磯を造成する際の基礎資料を得る目的で、泉南海岸の長松自然海浜にある写真-3.1の天然磯とそのすぐ近傍の淡輪・箱作海岸にある写真-3.2の人工磯を対象とし、気象および水質と付着動物に関する現地調査を行った。なお、この章での「地形」とは、天然磯および人工磯における磯浜そのものの地形に加え、天然磯では波食溝により形成された段差部、人工磯では空積みされた岩石間の空隙における微地形などさまざまなものを含めたものである。これらの地形的要因に対応して、付着動物に関する現地調査を実施したが、その際、天然磯と人工磯の調査結果



写真-3.1 天然磯



写真-3.2 人工磯

を直接比較検討できるように、調査日はほぼ同じ条件のできるだけ連続した日を選んだ。なお、天然磯および人工磯における調査日と調査項目は、表-3.1に示すとおりである。

3.2.1 地形

磯浜海浜リゾートの自然環境を明らかにするため、同一の海域内にある天然磯と人工磯において、それぞれの地形測量を行った。

天然磯では、図-3.1に示した測線AおよびCの岸沖方向の断面形状を明らかにするために、その測線上において護岸のり尻から沖側に向けて、潮位の関係で測定可能な範囲まで、できる限り詳細にレベル測量を行った。また、図中に示した波食溝の段差部の測点S1～S5についても、その潮位基準面(D.L.)からの高さや断面形状を明らかにするために、レベル測量と平板を用いた微地形の細部測量を行った。さらに、天然磯におけるタイドプールの位置関係を明らかにするために、各タイドプールの長軸と短軸の交点を基準として平板による細部測量を行い、それと同時に各タイドプールの高さについてもレベル測量を行った。また、タイドプールの特徴をより詳細に把握するため、いずれのタイドプールも護岸からの距離、表面積、最大水深、さらには底側面の状態についても調査を行った。

人工磯では、図-3.2に示したV1、V3およびV4の3測点のレベルを統一するために、その3測点のすべてが見通せる地点にレベルを据え付け、それぞれの測点を決定し、そのレベル測量を行った。また、図中に示した岩石間の空隙R1、R2、R3およびR4についても、同様な方法でレベル測量を行い、ほぼ同じレベルにある空隙を3箇所(R1,R2,R4)とそれより少し高い位置にある空隙1箇所(R3)の合計4箇所を選定した。

3.2.2 気象および水質

気象および水質については、生態系に影響を及ぼすと考えられる天候、気温、湿度、風向、風速、海水の水温、塩分濃度、pH、DOおよびCODの計10項目について、表-3.2に示す機器および方法で測定を行った。このうち気象に関する天候、気温、湿度、風向および風速の5項目については、天然磯では図-3.1に示す護岸の階段上において、人工磯では図-3.2に示す測点sにおいて、それぞれ測定した。また、水質に関する海水の水温、塩分濃度、pHおよびDOの4項目については、天

表-3.1 天然磯および人工磯における調査内容

調査日 (年月日)	天然磯				人工磯			
	気象	水質	付着動物		気象	水質	付着動物	
			岸沖分布	段差部			垂直分布	空隙
1992. 9.17					○	○		
10.22					○	○		
12. 7					○	○		
1993. 3.11					○	○		
5.27					○	○		
7.22	○	○	○					
7.29					○	○		
9.18					○	○		
10.16	○	○	○					
11.11					○	○		
1994. 1.13					○	○		
1.31	○	○	○					
3.15					○	○		
4.29	○	○	○					
5.28					○	○	○	
7.23	○	○	○					
7.26					○	○	○	
9. 6					○	○	○	
10. 6	○	○	○					
11. 1					○	○	○	
1995. 1.31					○	○	○	
2. 3	○	○	○					
3.18					○	○	○	
7.27					○	○	○	
7.28	○	○	○					
10. 5	○	○	○					
10. 7					○	○	○	
1996. 1.23					○	○	○	
1.24	○	○	○					
5.18	○	○	○					
5.20					○	○	○	
7.14				○				
7.31	○	○	○	○				
8. 1					○	○	○	
8.29				○				○
9.25				○				○
10.23	○	○	○	○				
10.24					○	○	○	○
1997. 1.11	○	○	○	○				
1.13					○	○	○	○
6. 4	○	○	○	○				
6. 6					○	○	○	○
8. 4	○	○	○	○				
8.21					○	○	○	
10. 2	○	○	○	○				
10. 3					○	○	○	
12. 1	○	○	○	○				
12. 3					○	○	○	
1998. 1.14					○	○		
1.16	○	○						
2.27	○	○			○	○		
8.24	○	○						
9. 9	○	○	○		○	○	○	
10. 6	○	○	○		○	○	○	
10. 7	○	○			○	○		
11. 2	○	○			○	○		
12. 3	○	○	○		○	○	○	
12.21	○	○			○	○		

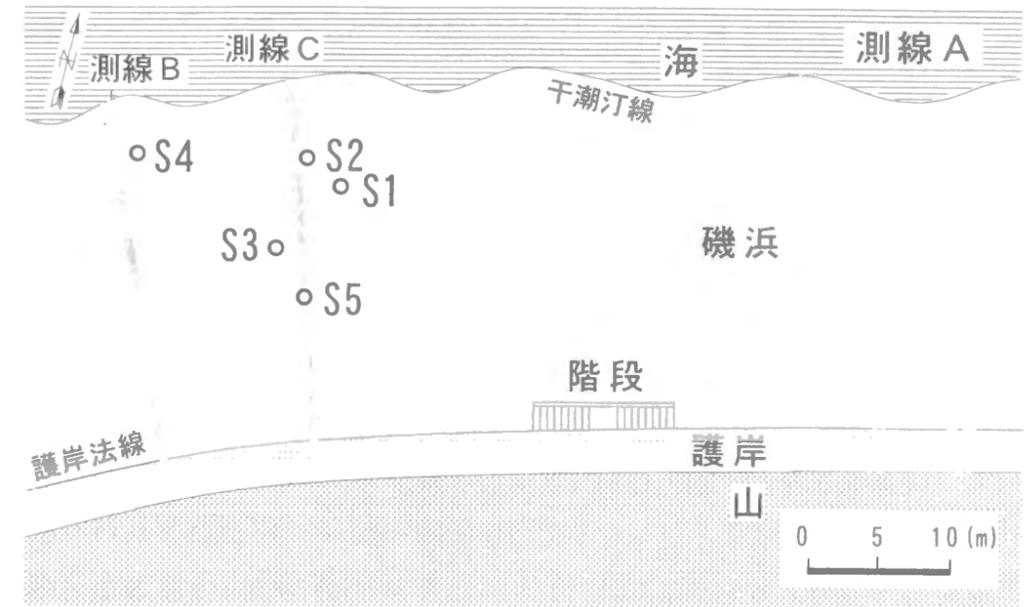


図-3.1 天然磯の地形および測点

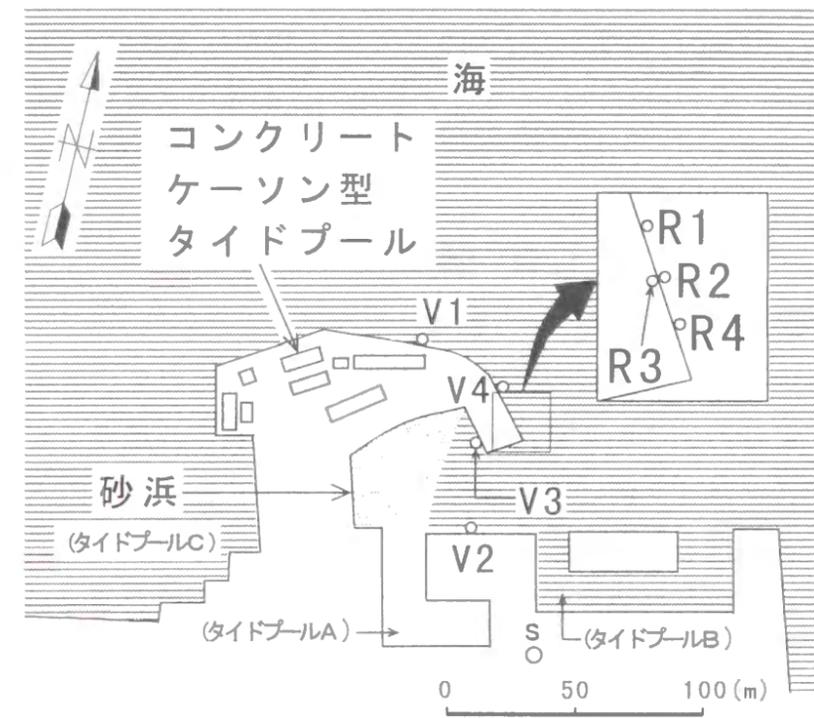


図-3.2 人工磯の地形および測点

表-3.2 気象および水質の測定項目とその方法

測定項目	測定器具および方法
天候	目視による観測
気温・湿度	乾湿計を用いて測定
風向・風速	携帯風向風速計（大田計器製作所製）を護岸の天端上約1mのところに設置し、30秒間の平均風速および風向を測定
水温	携帯用デジタル塩分/Tempメータ（セントラル科学製、UC-77型）を用いて、各測点における表層で測定
塩分濃度	携帯用デジタル塩分/Tempメータ（セントラル科学製、UC-77型）を用いて、各測点における表層で測定
pH	携帯用デジタルpH/ORPメータ（セントラル科学製、UC-23型）を用いて、各測点における表層で測定
DO	携帯用アナログDOメータ（セントラル科学製、UC-100M型）を用いて、各測点における表層で測定
COD	各測点で採水を行い、クーラーボックスに入れて研究室に持ち帰り、後日、CODMn測定法 ¹⁰⁾ により測定
磯浜の表面温度	非接触式放射線温度計（コス製、CT-30）を用いて、磯浜での各測点における1分間の平均表面温度を測定

天然磯では測線B上の3測点と測線C上の3測点、人工磯では測点V1、V2、V3およびV4の4測点において、それぞれ満潮から干潮もしくは干潮から満潮までの1時間ごとに測定を行った。なお、CODについては、天然磯では前述の水質を測定した測点において、人工磯では測点V1、V2およびV3において、それぞれ満潮時と干潮時に採水し、研究室へ持ち帰り測定した。

3.2.3 付着動物

天然磯における生物調査は、図-3.1に示す測線AおよびCにおいて実施し、測線Aでは辺長が1mの正方形ブロックを、また測線Cでは辺長が50cmの正方形ブロックをそれぞれ設け、各ブロック内における付着動物の種数と個体数（個体数の多い種については被度）を測定し、付着動物に関する岸沖方向の分布状況を明らかにしようとした。なお、この場合の被度とは、各ブロック内において動物が被覆している割合を百分率で表したものである。また、波食溝の段差部においては、同じ図に示す段差部であるS1～S5の5箇所について、それぞれ上段水平部分をブロックNo.1、垂直部分をブロックNo.2および下段水平部分をブロックNo.3とし、それぞれに一辺が30cmの方形枠を設置して、そのブロック内における付着動物の種数、個体数およびそこでの表面温度を測定した。

人工磯における生物調査は、まず人工タイドプール内における付着動物の平面分布を明らかにするため、1992年の調査当時に存在していた開口部が一つだけのL字型の形状をしたタイドプールAと開口部を二つ有するU字型の形状をしたタイドプールBの二つのタイドプールにおいて、これらのタイドプールを1辺が6～9mのブロックに分割し、そのブロック内における付着動物の個体数を測定した。また、95年に人工磯の造成工事がほぼ終了してからは、レベルを統一した測点V1、V3およびV4を定め、その基準点から斜面に沿って下方へ辺長が50cmの正方形ブロックを設け、そのブロック内での付着動物の種数と個体数を測定し、レベルの違いによる付着動物の分布状況を明らかにしようとした。さらに、岩石間の空隙においては、図中に示したレベルのほぼ等しいR1～R4の4箇所について、側面および底面での付着動物の種数、個体数およびそこでの表面温度を測定した。

なお、いずれの調査時においても、動物の生息状況、行動や付着藻類の分布など特筆すべき点は、写真撮影するとともに、野帳に記入して考察の参考とした。また、調査時に同定できなかった動物については、採取して研究室に持ち帰り、図鑑や文献などを用いて同定した。

3.3 磯浜海浜リゾートの環境条件

3.3.1 天然磯と人工磯の地形

天然磯は、3.2で述べたように長松自然海浜にあり、その地形の概略は図-3.1に示したとおりである。図-3.3には、93年7月の測線Aおよび96年7月の測線Cにおける詳細な海浜断面形状を示した。これらによると、天然磯の地形は、一枚岩で構成された単調な部分もみられるが、いずれの測線も起伏に富んだ断面形状をしており、特に、測線Cでは平坦な部分が少なく、非常に複雑な地形をしている。これは、調査対象とした天然磯が、和泉砂岩層の波食台地で形成されていることから、波食溝による段差部に加え、窪みや割れ目など複雑な形状をしたところが多く、微地形が発達しているためである。また、天然磯の海浜勾配については、逆勾配となっている部分もあるものの、平均すると約1/20と比較的急勾配である。さらに、この天然磯は、波食棚すべてが潮間帯におさまる岩礁海岸であるため、前述の逆勾配のところなど干潮時には海水が残る大小さまざまな窪みがみられる。これらは潮だまり（タイドプール）と呼ばれ、そこでは干潮時でも水を湛えているため、水棲生物が

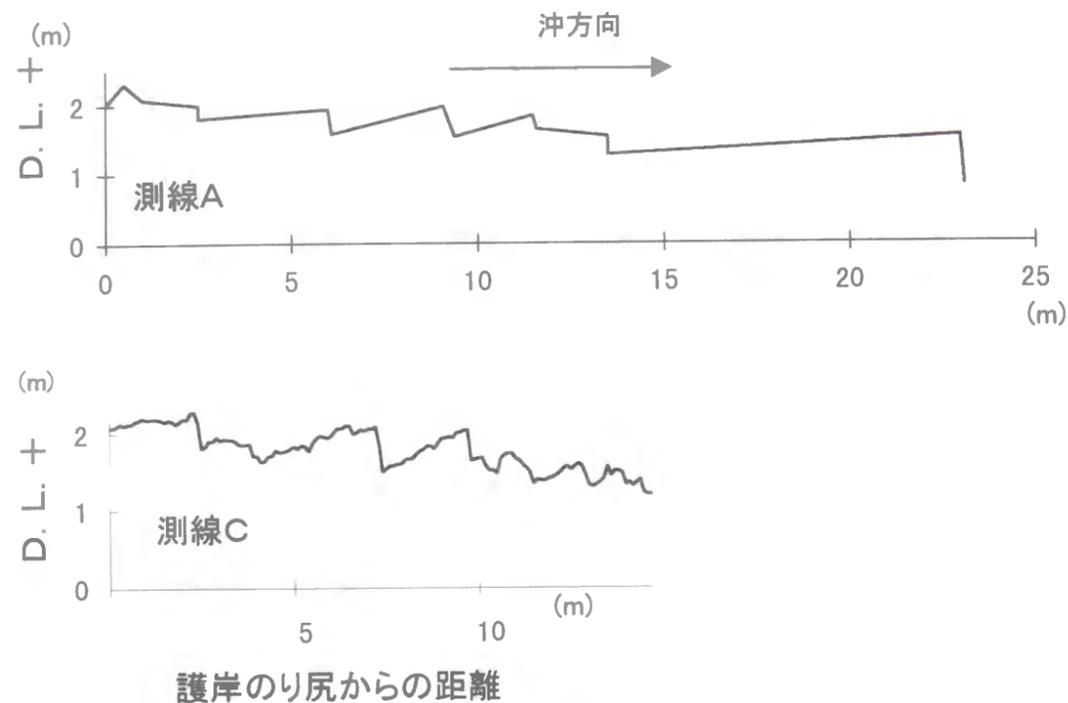
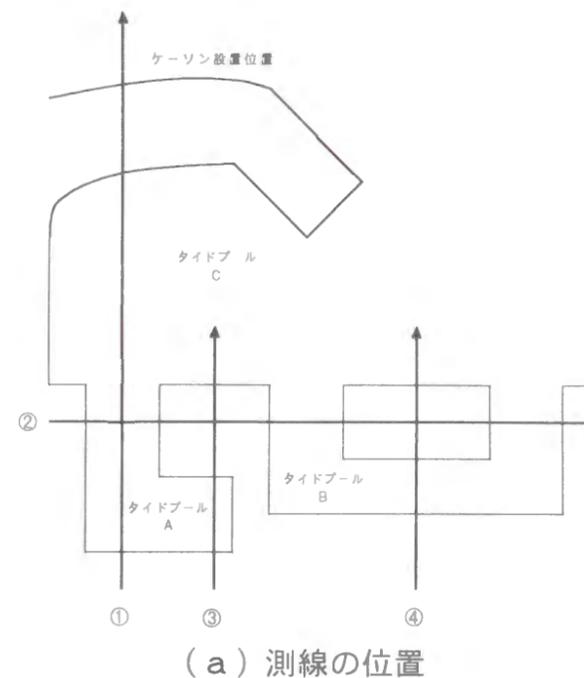


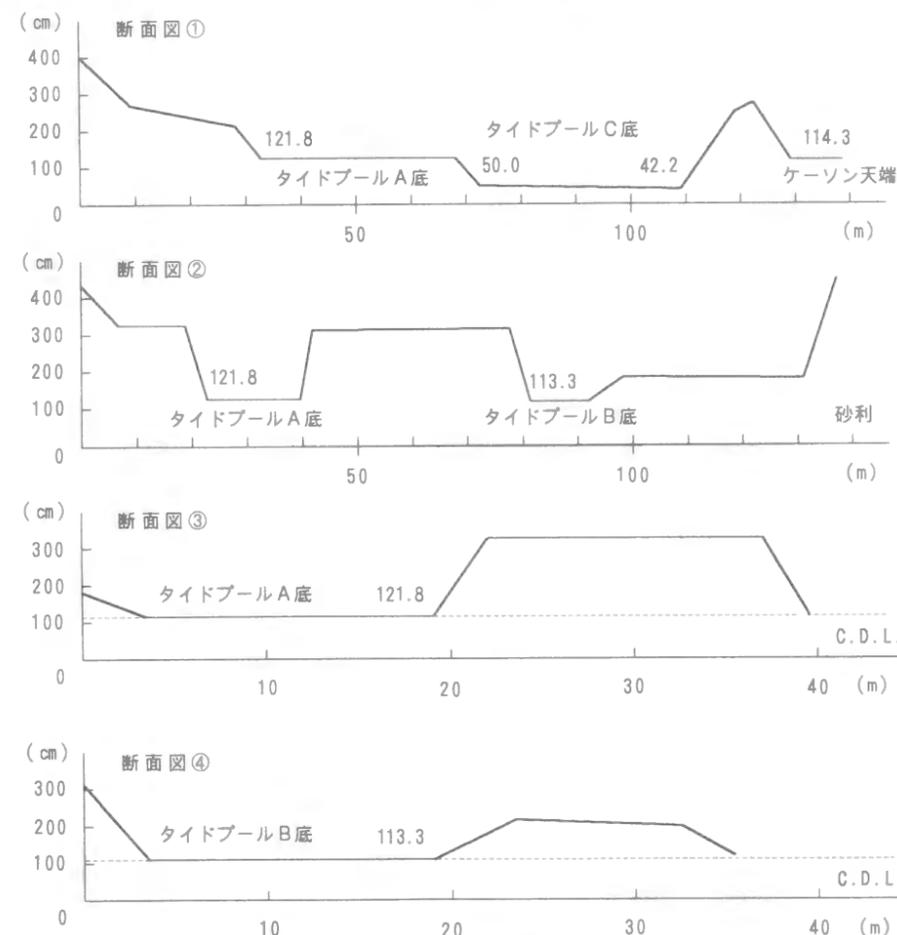
図-3.3 天然磯の海浜断面

生息できる特異な生活空間を形成している。

つぎに、人工磯は、3.2で述べたように、天然磯と同じ海域の淡輪・箱作海岸にあり、その地形の概略は、図-3.2に示したとおりである。なお、図中には水質および生物調査を行った測点についても示した。人工磯は、一辺約1mの花崗岩を空積みして造成したものであり、この図に示したようにL字型のタイドプールA、U字型のタイドプールBおよびコの字型のタイドプールC（98年現在では一部が砂浜になっている）の3個の大型タイドプールがある。さらに、それらの沖側には表面積や深さの異なるコンクリートケーソンを埋設したケーソン型タイドプールが8基設置されている。これらのうち、タイドプールAおよびBは、干潮時には底面まで全体が干上がってしまうが、タイドプールCは一部が干上がるだけである。また、コンクリートケーソン型のタイドプールは、満潮時は完全に水没しているが、干潮時にはため池状態となり完全な閉鎖水域となる。しかし、人工磯におけるいずれのタイドプールも、大きさや形状など前述の天然磯のものと大きく異なっている。図-3.4(a)および(b)には人工磯の海浜断面を示した。これらによると、人工磯の地形は、



(a) 測線の位置



(b) 海浜断面

図-3.4 人工磯の地形

表-3.3 天然磯調査時の気象および潮汐

調査日		項目	起時	潮位 (cm)	天候	気温 (°C)	湿度 (%)	風向	風速 (m/s)
第1回 1993. 7.22	満潮時		8:07	165	晴	24.5	74	東北東	1.8
	干潮時		14:47	21	晴	33.5	48	西南西	2.5
第2回 1993.10.16	満潮時		7:09	175	曇	18.0	85	—	0.0
	干潮時		12:59	66	曇	22.5	70	—	0.0
第3回 1994. 1.31	満潮時		9:19	138	曇	4.0	75	東	3.2
	干潮時		15:26	41	曇	6.0	55	—	0.0
第4回 1994. 4.29	満潮時		8:09	142	晴	18.0	71	—	0.0
	干潮時		15:18	-2	晴	23.0	45	南西	2.8
第5回 1994. 7.23	満潮時		6:05	163	晴	27.0	77	東	1.5
	干潮時		13:08	12	曇	34.0	62	欠	欠
第6回 1994.10. 6	満潮時		7:20	177	曇	21.5	57	南西	5.5
	干潮時		13:14	58	晴	22.5	62	西南西	3.0
第7回 1995. 2. 3	満潮時		8:59	136	晴	4.2	75	東北東	4.0
	干潮時		14:59	45	晴	6.0	55	東	3.0
第8回 1995. 7.28	満潮時		6:37	162	晴	27.0	84	—	0.0
	干潮時		13:19	25	晴	34.5	59	—	0.0
第9回 1995.10. 5	満潮時		17:05	152	雨	16.5	90	南西	5.2
	干潮時		10:28	54	小雨	22.5	75	西南西	3.2
第10回 1996. 1.24	満潮時		9:28	137	曇	5.5	68	西南西	9.0
	干潮時		15:29	52	晴	6.5	49	西南西	6.2
第11回 1996. 5.18	満潮時		6:32	146	—	—	—	—	—
	干潮時		13:17	8	曇	20.0	77	西南西	1.0
第12回 1996. 7.31	満潮時		6:37	174	—	—	—	—	—
	干潮時		13:23	5	晴	33.0	57	南西	4.5
第13回 1996.10.23	満潮時		3:55	128	—	—	—	—	—
	干潮時		10:15	58	晴	16.5	80	—	0.0
第14回 1997. 1.11	満潮時		8:36	149	—	—	—	—	—
	干潮時		14:13	62	晴	7.0	71	東北東	3.9
第15回 1997. 6. 4	満潮時		5:22	147	—	—	—	—	—
	干潮時		12:08	14	曇	23.0	68	—	0.0
第16回 1997. 8. 4	満潮時		6:41	159	—	—	—	—	—
	干潮時		13:24	29	曇	32.5	66	南南西	5.6
第17回 1997.10. 2	満潮時		6:55	160	—	—	—	—	—
	干潮時		12:59	58	雨	24.0	60	—	0.0
第18回 1997.12. 1	満潮時		7:50	151	—	—	—	—	—
	干潮時		13:20	78	曇	13.8	62	東北東	1.3
第22回 1998. 9. 9	満潮時		8:22	179	—	—	—	—	—
	干潮時		14:47	47	晴	29.0	58	西	1.2
第23回 1998.10. 6	満潮時		6:41	181	—	—	—	—	—
	干潮時		12:54	40	曇	26.0	76	西	0.3
第25回 1998.12. 2	満潮時		5:43	142	—	—	—	—	—
	干潮時		11:29	69	曇	14.0	78	東北東	4.1

勾配もほとんどなく単純であり、前述の天然磯のものに比べるとかなり平坦な地形である。しかし、人工磯を構成している岩石間には様々な形状の空隙がみられる。この空隙は、構成素材である花崗岩の辺長がいずれも約1mと大きいため、そこに形成される隙間も大きく、天然磯にみられるようなタイドプールや窪みなどとはかなり異なった空間が形成されている。しかしながら、人工磯は、多様な地形条件を有している天然磯に比べると、全般的にかなり単純な地形であることがわかる。なお、人工磯は98年現在でも工事中であるため、92年に調査が行われるようになってからも、その地形は大きく変化している。すなわち、U字型のタイドプールBの東側半分が、93年の5月から7月の間に埋め立てられたり、また、ほぼ同じ時期に一度撤去されていたタイドプールCの北側にある突堤が、94年の7月には東側に延伸されるなど変化してきた。さらに、95年4月以降には、タイドプールCに砂が投入され、ポケットビーチ状の砂浜が形成されたり、その他、タイドプールAおよびBの開口部付近などでは工事による細かい地形の変化がみられた。しかし、天然磯との比較を行うための調査を開始した93年7月以降には、人工磯の測点付近での大きな地形変化はみられない。

3.3.2 磯浜における気象および水質

天然磯および人工磯における気象の測定は、3.2.2で述べた5項目について、いずれの磯も調査を開始した92年9月17日から95年1月24日までは日中の満潮から干潮、あるいは干潮から満潮までの半周期の間で1時間ごとに行った。また、それ以降の期間については、日中の干潮時と定時とした14時の2回のみ行った。この調査時間の変更は、いずれの磯においても生物調査は干潮時に行うことから、生物の生息状況には満潮時の気象はあまり影響しないという考えによるものである。なお、それぞれの調査日における潮汐の起時、潮位^{21)~27)}および気象条件は、表-3.3および4に示すとおりであり、また本研究で用いた潮汐はすべて天文潮だけの値である。総括的に気象に関する項目をみると、気温については、夏季に極大、冬季に極小となる季節変化が明瞭にみられる。湿度については、その調査日の天候や気温に大きく影響されるため、気温にみられたような規則的な変動はみられない。風向および風速については、各磯における波向きや波当たりの強弱などの海象に影響を及ぼし、また、干潮時の潮位は、磯表面の湿潤状態に大きく影響を及ぼすものと考えられる。したがって、気象要因は、磯浜における生物の生息状況に対して直接的には影響を

表-3.4(1)人工磯調査時の気象および潮汐

調査日	項目	起時	潮位 (cm)	天候	気温 (°C)	湿度 (%)	風向	風速 (m/s)
第1回 1992. 9.17	満潮時	10:12	143	晴	26.6	欠	北北東	3.3
	満潮時	20:38	148	晴	欠	欠	北北東	5.3
第2回 1992.10.22	干潮時	9:53	56	晴	21.0	58	—	0.0
	満潮時	16:25	149	晴	22.0	50	北北西	1.8
第3回 1992.12. 7	干潮時	10:42	95	雨	15.0	94	南	1.2
	満潮時	16:22	128	雨	16.0	95	欠	欠
第4回 1993. 3.11	満潮時	8:18	144	晴	11.0	63	—	0.0
	干潮時	14:51	6	晴	15.5	39	北北西	1.5
第5回 1993. 5.27	満潮時	9:38	120	曇	22.0	62	欠	3.0
	干潮時	16:56	34	晴	21.5	58	西北西	3.2
第6回 1993. 7.29	干潮時	10:02	43	晴	30.5	63	北西	0.5
	満潮時	18:32	142	晴	31.5	55	南西	3.0
第7回 1993. 9.18	満潮時	8:00	179	曇	欠	欠	欠	欠
	干潮時	13:58	58	曇	31.0	66	南	4.0
第8回 1993.11.11	干潮時	10:27	71	雨	15.0	89	東南東	1.4
	満潮時	16:31	148	曇	15.0	94	西	1.0
第9回 1994. 1.13	満潮時	8:03	139	曇	5.0	84	—	0.0
	干潮時	13:27	69	曇	8.5	60	—	0.0
第10回 1994. 3.15	満潮時	8:10	135	晴	7.0	57	北北西	2.0
	干潮時	14:36	23	晴	10.0	56	西北西	5.0
第11回 1994. 5.28	満潮時	7:54	148	晴	21.0	欠	—	0.0
	干潮時	15:03	2	晴	24.0	46	西北西	2.1
第12回 1994. 7.26	満潮時	8:16	157	晴	29.5	72	—	0.0
	干潮時	14:53	40	曇	31.0	66	南南西	4.0
第13回 1994. 9. 6	満潮時	6:44	174	晴	28.0	74	南南西	4.0
	干潮時	13:03	33	晴	33.5	47	南	5.5
第14回 1994.11. 1	干潮時	10:52	64	晴	18.0	53	北東	3.8
	満潮時	16:57	153	曇	18.0	53	東北東	2.2
第15回 1995. 1.31	満潮時	7:24	141	晴	1.8	64	西南西	4.0
	干潮時	13:00	60	晴	5.0	53	西北西	4.9

表-3.4(2)人工磯調査時の気象および潮汐

第16回 1995. 3.18	満潮時	7:32	144	晴	7.5	64	北	2.5
	干潮時	13:43	15	曇	10.5	48	西南西	3.2
第17回 1995. 7.27	満潮時	5:56	152	晴	27.0	81	—	0.0
	干潮時	12:49	27	晴	32.5	73	北西	1.8
第18回 1995.10. 7	満潮時	5:26	151	曇	14.0	66	東	1.6
	干潮時	11:50	58	曇	20.0	53	北東	3.7
第19回 1996. 1.23	満潮時	8:57	144	曇	6.0	77	北西	4.0
	干潮時	14:44	53	晴	8.5	52	北西	2.8
第20回 1996. 5.20	満潮時	7:37	141	—	—	—	—	—
	干潮時	14:32	14	曇	23.5	56	南南西	4.4
第21回 1996. 8. 1	満潮時	7:21	175	—	—	—	—	—
	干潮時	14:05	13	晴	32.0	62	西北西	2.2
第22回 1996.10.24	満潮時	4:51	139	—	—	—	—	—
	干潮時	11:02	60	晴	22.0	58	北東	2.2
第23回 1997. 1.13	満潮時	9:57	136	—	—	—	—	—
	干潮時	15:53	62	晴	9.0	54	—	0.0
第24回 1997. 6. 6	満潮時	6:34	151	—	—	—	—	—
	干潮時	13:26	5	曇	22.0	68	北西	3.2
第25回 1997. 8.21	満潮時	8:17	174	—	—	—	—	—
	干潮時	14:40	37	晴	32.5	56	西南西	3.9
第26回 1997.10. 3	満潮時	7:33	162	—	—	—	—	—
	干潮時	13:30	62	晴	25.0	54	南西	2.0
第27回 1997.12. 3	満潮時	9:13	146	—	—	—	—	—
	干潮時	14:39	87	曇	7.0	50	北北東	3.9
第31回 1998. 9. 9	満潮時	8:22	179	—	—	—	—	—
	干潮時	14:47	47	晴	29.0	48	西北西	2.5
第32回 1998.10. 6	満潮時	6:41	181	—	—	—	—	—
	干潮時	12:54	40	曇	27.0	70	西北西	1.2
第34回 1998.12. 2	満潮時	5:43	142	—	—	—	—	—
	干潮時	11:29	69	曇	13.5	71	東北東	3.3

及ぼさないが、間接的には影響を及ぼしているようである。

つぎに、図-3.5には、天然磯および人工磯における93年7月から98年12月までの水質に関する経時変化を示した。なお、これらの図(a)、(b)、(c)、(d)および(e)はそれぞれ、海水の水温、塩分濃度、pH、DOおよびCODであり、天然磯では測線B上の3測点、人工磯では測点V2における、いずれも各調査日の14時のものである。ただし、CODについては、いずれの磯においても、93年7月から95年1月までの期間は満潮時と干潮時の平均値、それ以降の期間は干潮時のものである。

これらによると、まず、水温については、天然磯と人工磯との間にほとんど差はみられず、いずれの磯においても、夏季に極大、冬季に極小となる明瞭な季節変化を示している。

塩分濃度については、いずれの磯においても、一般的な海水の塩分濃度である²³⁾35%前後で変動しており、両磯における差はほとんどみられない。また、いずれの磯においても季節変化はみられない。

pHについては、天然磯のものの方が人工磯のものよりほとんどの調査日で若干高い値を示している。これについては、二つの要因が考えられる。すなわち、一つは天然磯では海藻類や植物プランクトンが多く、それらの光合成による炭酸消費量が動物による炭酸供給量よりもかなり多いためであり、人工磯ではそれらの差が小さいためである。いま一つは、人工磯では河川から流入する淡水の影響を受けていることが考えられる。また、いずれの磯においても明瞭な季節変化はみられない。

DOについても、pHと同様に、天然磯のものの方が人工磯のものより全般的に高い値を示している。これについては、前述した海藻類や植物プランクトンの光合成による影響に加えて、天然磯では人工磯よりも波当たりが強く、それによるエアレーションの影響によるものと考えられる。また、その季節変化は、いずれの磯においても、冬季から春季にかけて増大する傾向がみられる。これは、調査時の水温が低いことのほかに、海藻類の生育サイクルともほぼ一致していることから、それらの影響が大きいものと考えられる。なお、ここで述べたDOは、生物にとって極めて重要な因子と考えられており、水質のなかでも特に、陸水環境の有機汚濁の進行度合および海藻類などによる光合成作用や自浄作用の強さを表す指標としても注目されている²⁴⁾。

CODについては、水温が最高値を示す季節に、高くなる傾向がみられる。これについては、CODを測定するための採水を日照の影響を直接受ける表層で行って

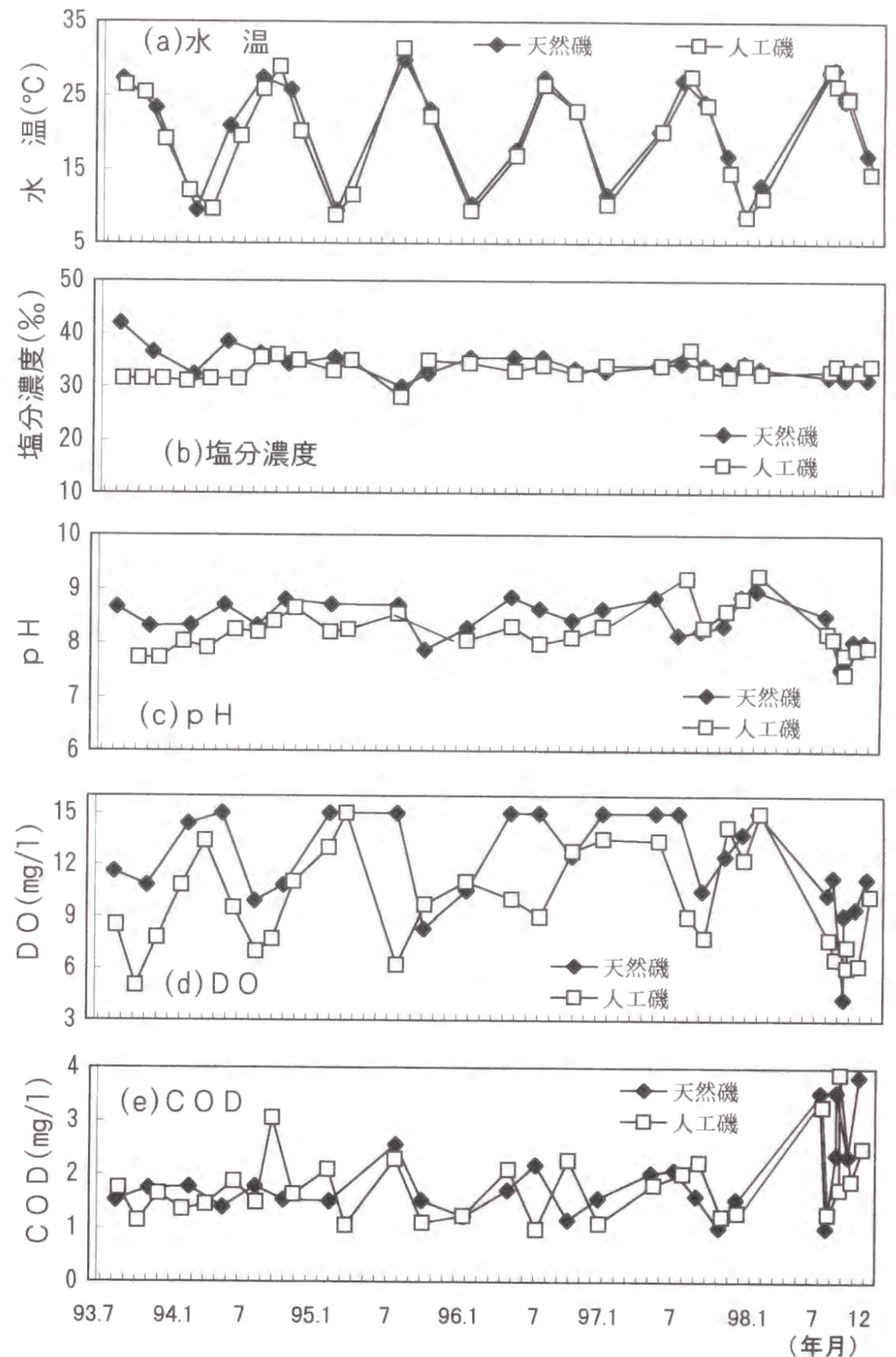


図-3.5 天然磯と人工磯における水質の経時変化

いるため、高水温時における植物プランクトンの増殖などが大きく影響しているものと考えられる。しかしながら、両磯では、それらの値に顕著な差異はみられず、平均値は2.0mg/l程度である。この値は、生活環境の保全に関する海域環境基準²³⁾によると、類型Aに属し、利用目的の適応性は水産1級（マダイ、ブリ、ワカメ等の水産生物用）に相当しており、大阪湾のような大都市周辺の閉鎖性水域のなかにあつては、かなり良好な水質である。

以上、天然磯と人工磯における水質について比較検討した結果、天然磯におけるpHとDOが、人工磯のものより若干高い値を示すようであるが、それ以外の項目は、両磯の水質にほとんど差はみられないことが明らかになった。

3.4 磯浜海浜の生物分布

3.4.1 潮間帯における生物分布

海岸生物の生息場所は主に潮汐によって規制されており、すべての生物にはそれぞれ決まった生息域・生息場所がある。すなわち、高潮線から低潮線に向かうに従って生息する種類が異なり、それらはほぼ海面と平行な帯状分布を示す。図-3.6は、淡輪・箱作海岸の人工磯における潮間帯での生物分布モデルである。これによると、最高満潮位の下部とその上部の潮上帯は乾燥しやすいため、乾燥に耐えられるフナムシやアラレタマキビガイの仲間が生息している。この下の部分には、イワフジツボが多くみられ、所々にマガキが混在している。また、タイドプール底面の花崗岩の表面には、マツバガイ、コウダカアオガイなどカサガイ類の仲間が付着している。さらに、タイドプール底面の角石間の割れ目には、一方の貝殻で固着するマガキの生息が目立つ。この割れ目にはマガキのほかに、イシダタミガイやコシダカガンガラなどの腹足類とイソガニやユビナガホンヤドカリなどの節足動物、個体数はきわめて少ないがアメフラシ、トゲアメフラシ、ツヅレウミウシなどの軟体動物やイトマキヒトデやキヒトデなどの棘皮動物もみられる。これより下で外海に面した花崗岩の上面には小型で団塊状の緑藻類のアオサの仲間が小斑状に生育している。なお、これらの結果は、西村³⁰⁾によるわが国の中・南部の暖流域に位置する岩礁海岸における生物の分布構造図とほぼ一致している。

また、こうした人工のタイドプールにおける潮位の変動に対する生息動物の生態については、満潮から干潮へ向かう下げ潮時には、アラレタマキビガイを除くコシ

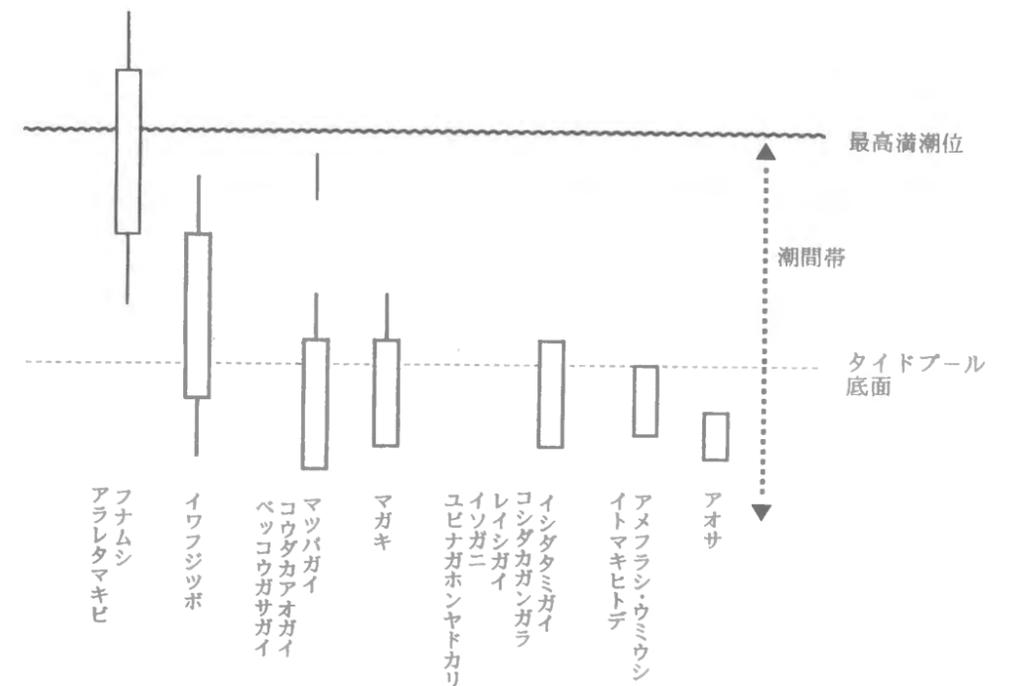


図-3.6 人工磯の潮間帯における生物分布モデル

ダカガンガラやイシダタミガイなど腹足類のほとんど、節足動物のユビナガホンヤドカリとイソガニらは、タイドプール底面から花崗岩割れ目の深みや岩の下に移動して体を隠す。また、マツバガイやベッコウカサガイのように笠状の殻をもつかサガイ類やヒザラガイは、満潮時に水没した岩の表面の微小な付着藻類を移動しながら採餌するが、耐乾性が強く干潮時には習性である帰巢性により元の位置に戻り固く付着する。一方、干潮から満潮へ向かう上げ潮になると、人工磯では空積の花崗岩の下から潮位が上昇し、花崗岩間の割れ目からタイドプール底面の全域に海水が拡散、水深が10cm以上になると開口部からタイドプール内に波とともに外海から海水が流入するようになる。タイドプール底面に海水が拡散するころから、両タイドプールの開口部付近を囲む花崗岩表面に隠れていたフナムシが一斉に現れ、タイドプール周囲の花崗岩表面をプール奥に向けて移動する。フナムシは夕方から夜間にかけて盛んに活動する。しかし、12月の調査の際にはフナムシの姿はみられなかった。アラレタマキビガイ以外の腹足類と節足動物らは、隠れ場所からタイドプール底面に現れ移動を始め、水深50cm程度になると適当な割れ目や岩の下へ移動する。アラレタマキビガイは潮上帯に向け移動を続ける。12月にタイドプールAの開口部の測点A1付近とその外海の水没した岩の表面上に、殻長2cm程度のマツバガイ幼貝

の付着がみられた。岩表面の生物相は、前述したように最高満潮位より順番に変わる帯状構造を示すことが多く、生物間に種間競争が存在することを示している。

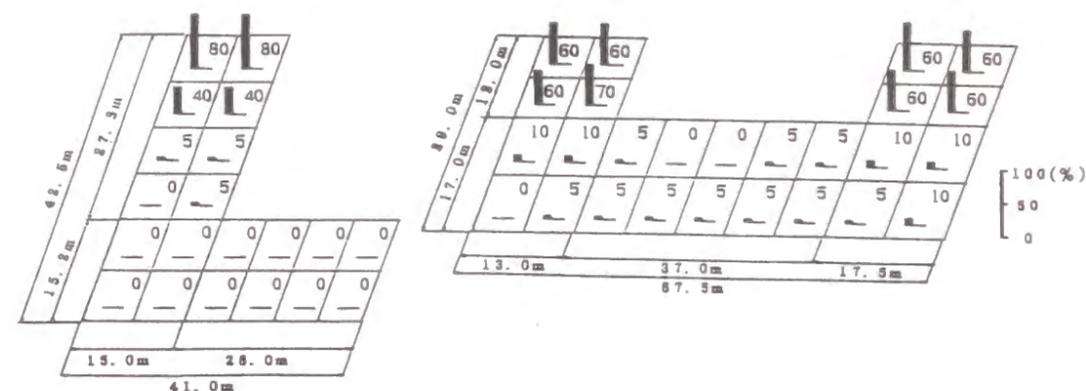
3.4.2 人工磯における生息動物の平面分布

図-3.7~9は、1992年10月22日の人工磯のタイドプール内における代表的な生息動物であるイワフジツボ、イシダタミガイおよびカラマツガイの平面分布であり、個体数を数えるのが困難なイワフジツボについては、個体数でなく被度(%)で示した。

これによると、L字型およびU字型のタイドプールのいずれも、外海につながる開口部近くが種数・個体数ともに多い。これは波当たりと潮の流れの影響によるものであり、出入口付近では、外海から漂着する各種生物の幼生が基質に付着または固着しやすいためであろう。また、L字型のタイドプールAでは開口部から奥に行くほど、生息する種数と個体数が急激に減少する傾向がみられる。一方、U字型のタイドプールBでは開口部の近くが種数・個体数ともに多いが、もともと奥まったところでも種数と個体数のいずれも減少する傾向はみられるが、開口部に生息する種も確認され、タイドプールAとは異なる分布を示している。これはタイドプールAの形状がL字型の行き止まりであるのに対し、タイドプールBは開口部が2箇所あるU字型であり、タイドプール内にも海水の流れが生じるためであろう。また、いずれのタイドプールでも開口部付近では節足動物のイワフジツボがもっとも多く付着し優占種となっている。ついで多いのは節足動物のフナムシ、軟体動物のマガキである。逆に、タイドプールの開口部からもっとも奥まったところでは、タイドプールAではイワフジツボの付着はほとんどみられず、固着するマガキの個体数もきわめて少なく、節足動物のイソガニやフナムシがみられる程度である。しかし、開口部が2箇所あるタイドプールBではもともと奥まったところでも節足動物のイワフジツボ、フナムシ、イソガニ、軟体動物のマガキなどもみられる。

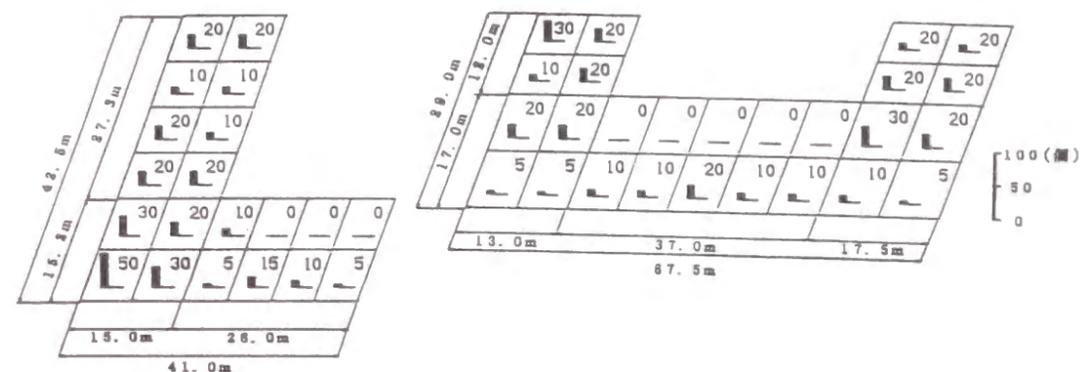
これらのことから、波当たりの強いところほど生息動物の種数と個体数のいずれも多くなり、またタイドプールの形状の違いが生息動物の平面分布に影響を及ぼしていることがわかる。

図-3.7のイワフジツボについては、タイドプールAでは、外海につながる開口部付近がもっとも多く、被度は80%に達しているが、開口部から奥へ入ると急激に減少し、奥まったところではまったく生息していない。一方、タイドプールBでは、



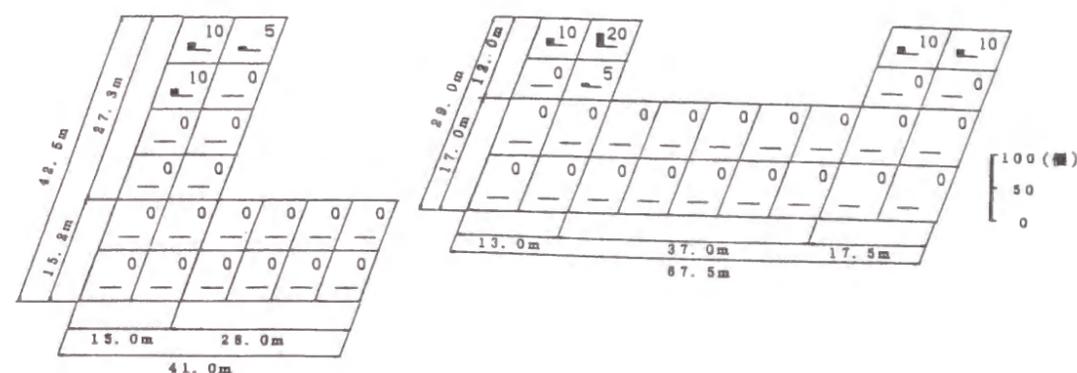
(a) タイドプールA (b) タイドプールB

図-3.7 タイドプール内におけるイワフジツボの分布状況(92年10月)



(a) タイドプールA (b) タイドプールB

図-3.8 タイドプール内におけるイシダタミガイの分布状況(92年10月)



(a) タイドプールA (b) タイドプールB

図-3.9 タイドプール内におけるカラマツガイの分布状況(92年10月)

外海につながる開口部付近ではタイドプールAと同様に、被度が高く60~70%もある。しかし、U字型のもっとも奥まった中央部付近でも被度は5%ほどあり、生息がみられる。このように、種数・個体数ともに開口部付近に多くなる原因は、前述したように、外海からの海水が上げ潮により直接開口部に流入するので、運ばれてくる各種幼生が基質に付着または固着しやすいためであろう。さらに、図示はしていないが、93年5月から7月の間にタイドプールBの東側半分が埋め立てられると、それ以前のU字型をしていたときにはタイドプールの中央部でも確認されていたイワフジツボが、埋め立て後にはまったくみられなくなった。これは、一方の出入口が閉鎖されたことによって波当たりが弱く、海水の循環が悪くなったためと思われる。このことから、同じL字型をしているタイドプールであっても、U字型の半分とL字型とは海水の流動が異なるため、生息動物の平面分布も異なることがわかる。また、このような分布状況を示す生物としては、マガキやタマキビガイなどが挙げられる。

図-3.8のイシダタミガイについては、イワフジツボやマガキと異なる分布状況を示しており、ほぼタイドプール全域にわたって分布している。タイドプールAでは、開口部付近で20個体であったものが奥正面では50個体にも達しており、ほぼ全域にわたり個体数も多く分布している。タイドプールBでは、開口部で20~30個体、中央部でも20個体となっており、中央部の海側を除く全域に分布している。イシダタミガイやコシダカガンガラなどの腹足類は、体の一部を基質に固着させ移動できない生活をするイワフジツボやマガキと異なり、潮位の低下につれ基質の表面や割れ目へ移動し生活している。したがって、このように生活様式と生活場所の違いが平面分布に現れたものと思われる。また、これらはイワフジツボなどと異なり、U字型の半分が埋め立てられL字型のようになって、ほぼ全域に分布しており、その影響はあまり受けにくいようである。こうした分布状況を示す生物としては、イシダタミガイと同じ軟体動物腹足類ではコシダカガンガラ、レイシガイなどがあり、節足動物ではユビナガホンヤドカリがある。

図-3.9のカラマツガイについては、確認される範囲内ではほぼ一様に分布しているが、タイドプール全域でみると、前述のイワフジツボやイシダタミガイとは異なり、タイドプールの開口部付近だけに生息している。このような分布を示す生物としては、ムラサキイガイ、カラマツガイ、マツバガイ、コウダカアオガイ、ヨメガサガイなどがあり、2枚貝類のムラサキイガイを除き、いずれもカサガイ類であ

る。また、これらはイワフジツボなどと同様に、U字型の半分が埋め立てられL字型のようになって、分布状況はその影響を受けにくいようである。

以上のことから、生息動物の生態、すなわち生活様式や生活場所によってタイドプール内での平面分布が異なることが明らかになった。また、同じ造成素材で作られた人工のタイドプールであっても、L字型とU字型では波当たりや海水の流動が異なるため、開口部から奥まったところでの生息動物の平面分布に影響がでることが明らかになった。さらに、同じようにL字型をしているタイドプールであっても、U字型の半分とL字型とは海水の流動が異なるため、平面分布が異なる生息動物もいることがわかった。

つぎに、人工磯に比べて地形の複雑な天然磯では、平面分布を測定するのが困難なため、幅1mの測線Aを設け、その測線における岸沖方向の生物分布をその海浜断面に対応させて検討する。

図-3.10は、93年7月22日の天然磯の測線Aにおける岸沖方向の生物分布を種別ごとに示したものである。なお、図中には測線Aの海浜断面も示した。

これによると、イワフジツボについては、海浜断面形状からもわかるように地形に段差があり、波当たりが強く、海水交換が活発に行われるところに多く生息するようである。すなわち、こうしたところは、固着した生活形態をとるイワフジツボにとって呼吸や餌の摂取に適しているものと考えられる。また、イワフジツボと良く似た分布状況を示すものとしては、ヒザラガイがある。

アラレタマキビガイについては、波当たりの強いところよりむしろ飛沫帯を好むようであり、階段や岩の隙間、岩表面の窪み部分などに集団で生息する傾向がある。また、行動範囲は狭いものの移動性の生活形態をとるため、図では護岸付近に少数が生息しているように見えるが、実際にはコンクリート護岸のかなり高い位置に多数の生息が確認される。このようにかなり高い位置にまで生息する原因は、天然磯では波しぶきの影響が及ぶ潮間帯上部の飛沫帯の範囲がかなり広いためであろう。

タマキビガイについては、潮間帯の広い範囲にわたって生息しているが、特に磯浜のなかでも小石の多いところでは集団で確認される。また、タマキビガイと良く似た分布状況を示すものは、イシダタミガイやレイシガイなどがある。これらの生物は、大きな岩よりも小石や段差が多く存在するところを好むようである。これは、これらの生物が付着藻類などの餌が豊富な場所を好むためと考えられる。

カサガイ類については、前述したタマキビガイやイシダタミガイなどの巻貝類と

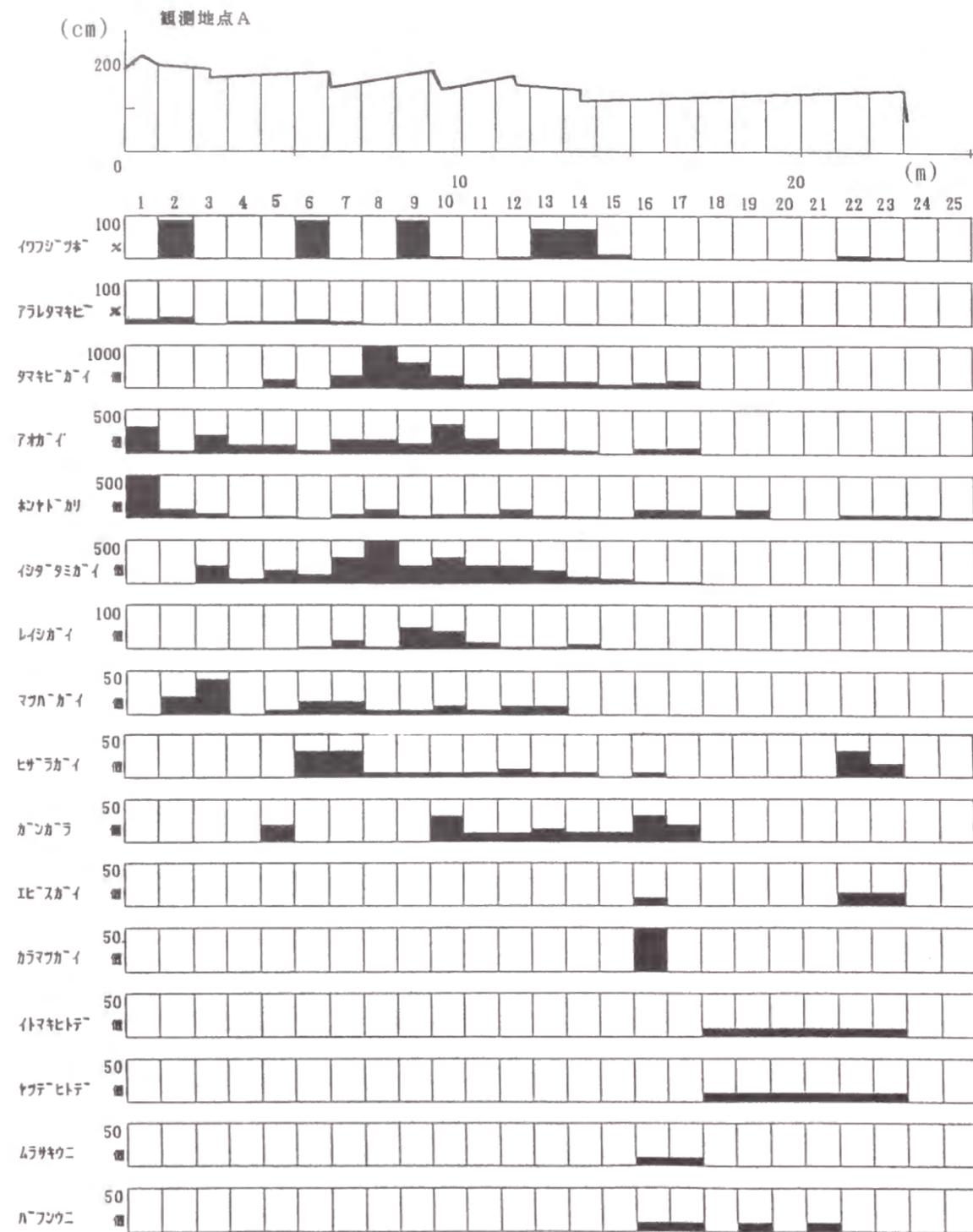


図-3.10 天然磯における生物の岸沖方向の分布 (夏季・93年7月22日)

生息範囲は酷似しているが、巻貝類より若干岸側に偏った分布状況を示している。さらに、カサガイ類は岩の表面にも多く生息していることから、その生態はイワフジツボのような固着型のものと巻貝類のような行動型のものの中間的なものと考えられる。

以上のように、天然磯の潮間帯では、地形的な要因によって、それぞれの生息場所を棲み分けているようである。すなわち、波当たりの強さによる溶存酸素量の多さ、岩の割れ目や転石の陰など生息場所の豊富さ、さらには付着海藻など、生物にとって地形的にも水質面においても好条件が揃っているようである。したがって、地形が平坦で単調な人工磯に比べ、天然磯では多様な地形や水質など生物にとって生息に適した条件がより多く存在するため、生息動物の種数および個体数のいずれも豊富であると考えられる。

3.5 生物の多様性に及ぼす諸因子の影響

3.5.1 地形と付着動物の多様性との関係

3.4.2でも述べたように、天然磯では多様な地形が存在するため、それが平坦で単調な人工磯に比べ、生息動物相が豊富である。したがって、ここでは、複雑な地形を有する天然磯を対象として、その地形とそこにおける付着動物の多様性との関係を検討する。しかしながら、天然磯のように複雑な地形特性を的確に、また定量的に表現することは非常にむずかしい問題である。そこで、本研究では、天然磯の地形の表現に二つの方法を用いた。一つは、レベルを用いて詳細に測量した「海浜断面」そのものであり、いま一つは、海浜断面の複雑さを定量的に表現しようとして本研究で定義した、「各ブロックにおける磯表面に沿って測った距離と水平距離との比」で表した「斜面長比」である。

まず、本研究で用いたMacArthurの多様度指数 H' と、独立したデータである種数や総個体数との関係を明らかにする。図-3.11には、海浜断面の各ブロックごとの付着動物の種数、総個体数およびそれらを用いて計算したMacArthurの多様度指数をそれぞれ対応させて示した。

これによると、種数、総個体数がともに多いブロックでは多様度指数も大きくなり、逆にどちらか一方だけが多い場合には多様度指数は小さくなる傾向がある。すなわち、MacArthurの多様度指数が大きいということは、多様性が高いことを示し

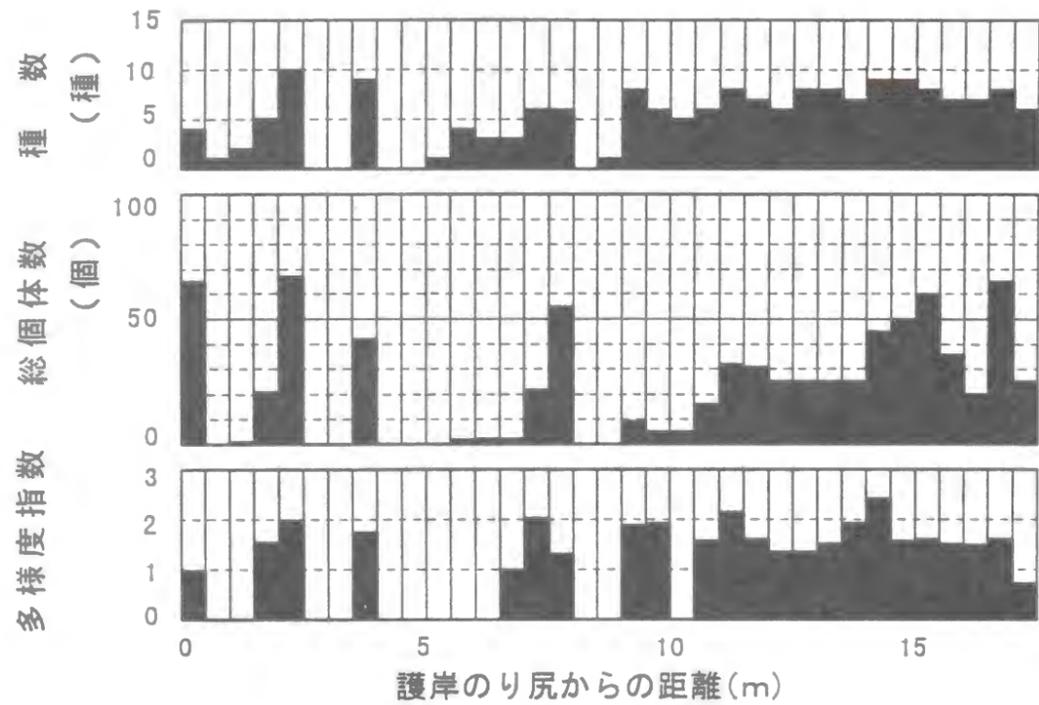


図-3.11 付着動物の種数・総個体数と多様度指数の関係

ており、その地点では種数、総個体数のいずれも多く、多種多様な生物が数多く生息できる環境を有していることがわかる。また逆に、多様度指数が小さくなるすなわち多様性が低くなるにつれて、種数、総個体数のいずれかが少なく、その地点では生物の生息条件が整っていないか、優占種にしか生息できない特殊な環境であることがわかる。これらのことから、磯浜における付着動物の多様性は、本研究で用いたMacArthurの多様度指数で、十分に表現できるものと考えられる。

a) 海浜断面

図-3.12は、天然磯の測線C上の海浜断面とそこに設けた50cm×50cmの各ブロックにおける付着動物の多様度指数を示したものであり、それぞれ95年7月、10月、96年1月、5月、7月、10月および97年1月のものである。ただし、96年5月のブロックNo.20は、調査時の測定ミスによる欠測である。なお、ブロックナンバー（図-3.12の最上段の海浜断面図に記入）は、護岸のり尻をNo.1とし、沖側は調査日の潮位によって異なり、調査できるブロックまで順次番号をつけた。

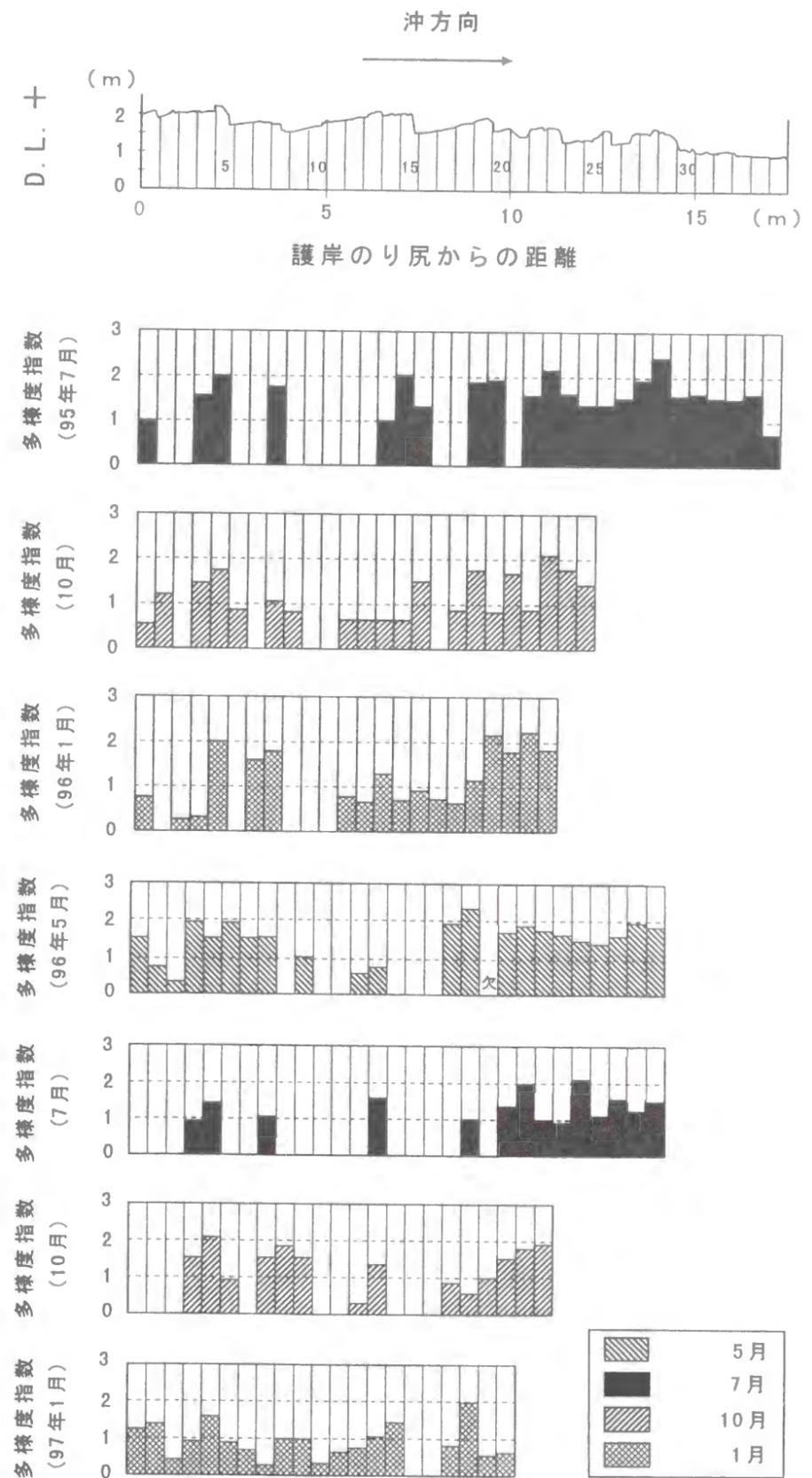


図-3.12 天然磯における多様度指数の岸沖分布

これらによると、97年1月のものを除き、いずれの調査日も、護岸のり尻から沖側へいくほど、多様度指数の大きいブロックが連続的に現れる傾向がある。これは、沖側のブロックほど標高が低いことから、海水からの干出時間が短くなり、磯表面における湿気が保たれやすいため、多種多様な動物が生息しやすいものと思われる。97年1月のものについては、調査日の潮位が62cmであり、この値はすべての調査日のなかでもっとも高く、さらに気温も低かった。このため、護岸のり尻付近の磯表面が海水から干出すると同時にそこでの調査を開始したことから、他の調査日に比べすべてのブロックで湿気が高くなっていた。したがって、ほとんどのブロックにおいて多様度指数は0になっておらず、他の調査日にみられたような付着動物の多様性に及ぼす護岸のり尻からの距離による影響がみられなかったものと思われる。また、沖側において連続的に現れる多様度指数の大きいブロックの分布については、例えば、95年7月、10月、96年1月のものにみられるように、干潮汀線の移動、すなわち潮位によって、その連続するブロックが相似的に移動する傾向がみられる。このことから、磯表面の湿潤状態が、多種多様な動物の生息に必要な不可欠な要素であることがわかる。

しかし、干出時間が長く、乾燥した護岸に近いところでも、波食溝の段差部があるブロックNo.5、8および15などでは、多様度指数は比較的大きくなっている場合が多い。このことから、波食溝の段差部は、さまざまなタイドプールの形成によって、湿潤状態の確保ばかりではなく、生息場所や活発な海水交換による餌場の提供など動物にとって生息しやすい環境であることがわかる。しかしながら、このような波食溝の段差部においても、ブロックNo.15では96年5月から同年10月までの間いずれも多様度指数は0である。これについては、この期間天然磯でイボニシガイが異常発生しており、それらが生息環境に恵まれた波食溝の段差部のあるNo.15付近に集中し、優占種となったためである。さらに、このイボニシガイは、肉食性であることから、ある一つの場所に集中して生息すると、その付近に生息する他の付着動物を餌とするため、優占種となる可能性が高い動物であることもその原因であろう。

一方、調査したブロックのほとんどで多様度指数が0になっていない97年1月を除き、いずれの調査日も、No.9~13、No.17~18のように沖側にいくほど標高が高くなるいわゆる逆勾配の部分や、また、No.2~3、No.6~7のように水平な部分では、多様度指数が小さくなっている。そこで、付着動物の多様性に及ぼす磯浜勾配の正

負の影響について検討する。

図-3.13は、磯浜における各ブロックを正勾配、水平勾配および逆勾配の3種類に分類し、それぞれの勾配ごとに多様度指数の平均値 \bar{H} を求め、その経時変化を示したものである。

これによると、96年5月および同年7月のものを除き、いずれも、正勾配、逆勾配、水平勾配の順に多様度指数は小さくなっている。96年5月と同年7月のものについても、正勾配と逆勾配のもの順番が逆になっているが、いずれも多様度指数がもっとも小さいのは水平勾配である。また、このとき逆勾配のブロックにおいて多様度指数がもっとも大きくなった原因は、波食溝の段差部の基部に形成される底面が逆勾配になっているタイドプールの影響と考えられる。さらに、多様度指数がいずれの季節でも、もっとも小さい水平な部分に着目すると、96年7月にはその値が0になっている。これは、気温の高い夏季においては磯表面が乾燥し、高温になるため、水平な部分では湿潤状態が確保できず、動物の生息環境としては、きわめて厳しくなるためであろう。

これらのことから、磯浜の勾配については、波食溝の段差部やタイドプールが形成されているところを除き、全般的に水平な部分や逆勾配の部分では、正勾配の部分に比べると、付着動物の多様性は低くなることがわかる。

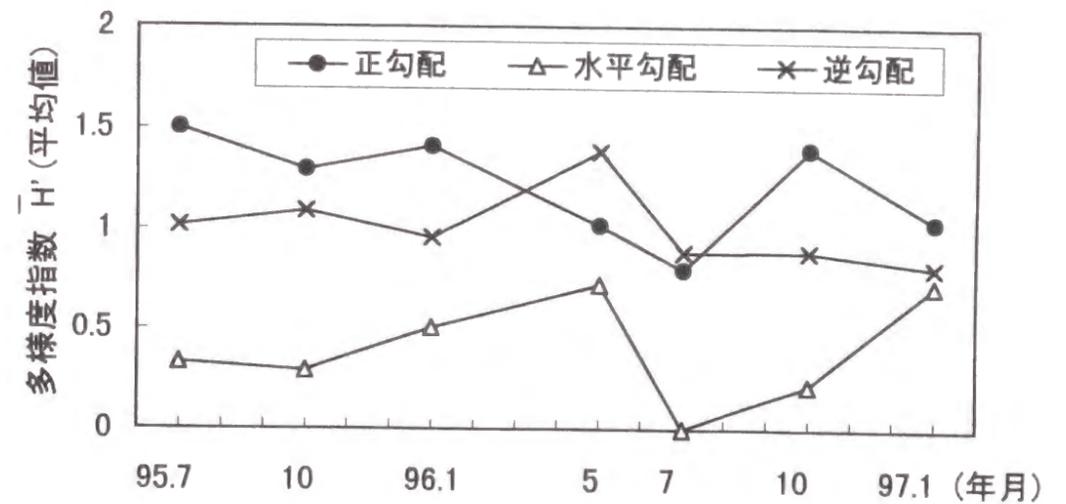


図-3.13 斜面勾配と多様度指数との関係

b) 斜面長比

つぎに、海浜断面の複雑さを定量的に表現しようとした「斜面長比」とそこにおける付着動物の多様性との関係について検討する。なお、斜面長比とは、磯表面に沿って測った距離と各ブロックの水平距離（50cm）との比であり、波食溝の段差部などの微地形が発達しているブロックではその値が大きく、逆に、地形が平坦なブロックほどその値は1に近づくものである。

図-3.14(a)~(d)は、斜面長比 r と多様度指数 H' との関係を、季節ごとに曲線回帰したものである。なお、これらの図(a)、(b)、(c)および(d)は、それぞれ5月、7月、10月および1月のものであり、いずれも95年から97年にかけてのデータである。

これらによると、季節にかかわらず、多様度指数はいずれも斜面長比が1.6~1.7程度でもっとも大きくなる傾向を示している。これは、磯表面において微地形が発達しているほど、多種多様な動物が生息するのに適した環境になるためと考えられる。しかしながら、図(b)の7月のものには、斜面長比が1.53と比較的大きいブロックであるにもかかわらず、多様度指数が0になっているものもある。これについては、このブロックでは窪みや割れ目などの微地形がかなり発達しているが、気温の高い夏季であることから、ある特定の優占種だけが生息していたためであろう。

また、斜面長比が1.6~1.7以上になると、いずれの季節もデータ数が少なくなるとともに、そのばらつきも大きくなり、斜面長比が1.9以上では、1.6~1.7程度のものより多様度指数は小さくなる傾向がみられる。例えば、1月のものは、斜面長比が2以上と非常に大きい値であるにもかかわらず、多様度指数は1以下であり、斜面長比が1.3~1.9の範囲にあるものよりかなり小さくなっている。これについては、これらのブロックが、いずれもレベルの比較的高い位置にある波食溝の段差部に相当するため、当然のことながら斜面長比は大きい値を示すが、前述したように、ある特定の優占種が存在すれば多様度指数は小さくなるため、その影響によるものであろう。

さらに、多様度指数が0のブロックについては、前述した7月のものを除き、いずれの季節も斜面長比が1~1.3の範囲のものである。このことから、地形が単調な場所は、多種多様な生物の生息にはあまり適さないようであり、ある優占種のみが存在する可能性が高くなることがわかる。

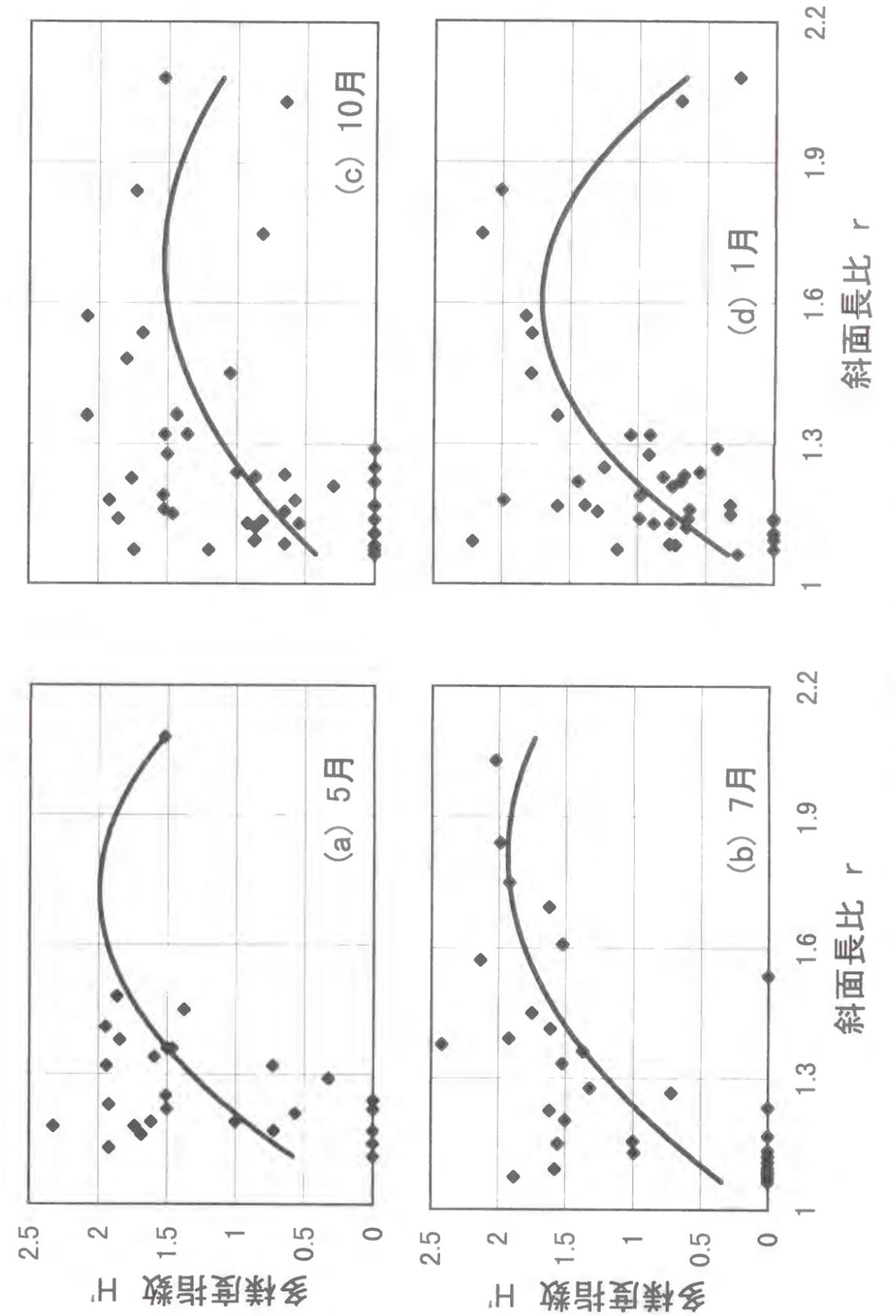


図-3.14 斜面長比と多様度指数との関係

3.5.2 磯浜における極微地形と付着動物の多様性との関係

a) 波食溝の段差部

これまで3.5.1では、天然磯の地形とそこにおける付着動物の多様性について「海浜断面」と本研究で定義した「斜面長比」との関係から検討してきた。その結果、磯浜においては、海水からの干出時間が比較的長い場所でも、そこに形成された波食溝の段差部では付着動物の多様性が高いことや、地形の複雑さを表す斜面長比は、その値が大きくなるほど付着動物の多様性も高くなることを明らかにした。また、その斜面長比の値を大きくする主な地形的要因は、波食溝にある段差部の存在であることも示した。これらの結果から、波食溝の段差部は、磯浜における付着動物の多様性を向上させる要因の一つであり、生物との共生を目指した人工磯を造成する際には、こうした微地形をもたせることが重要であることがわかった。したがって、ここでは、「波食溝の段差部」とそこにおける付着動物の多様性との関係について検討する。なお、ここで対象とした波食溝の段差部は、図-3.1に示した測点S1～S5の天然磯に点在する5箇所であり、これらの段差部をいずれも上段水平部分、垂直部分および下段水平部分の3ブロックに分類し、それぞれブロックNo.1～3と定義した。

まず、段差部における付着動物の多様性に及ぼす位置やレベルの影響を検討する。図-3.15は、S1～S5における海浜断面と段差部のブロックNo.1～3 (30×90cm) における動物の多様度指数を対応させて示したものであり、図(a)～(j)は、それぞれ1996年7月14日、7月31日、8月29日、9月25日、10月23日、97年1月11日、6月4日、8月4日、10月2日および12月1日のものである。なお、最上段の海浜断面図には、それぞれの調査時の潮位も示した。ただし、97年1月11日、8月4日、10月2日のS1、S2およびS4と12月1日のS1およびS4は、潮位の関係で調査できなかった。

最上段に示した各段差部の海浜断面によると、沖側に位置するS1、S2およびS4については、相対的にレベルは低いが、海浜断面は比較的単純な形状をしている。しかし、それらより岸側に位置するS3およびS5では、レベルは高いが垂直部分と下段水平部分とでつくられた窪みが発達しており、これによってタイドプールが形成されている。S3とS5のタイドプールを比較してみると、S5のタイドプールには直径が5cm程度の転石が多く存在し、微地形もS3のものより発達している。また、各段差

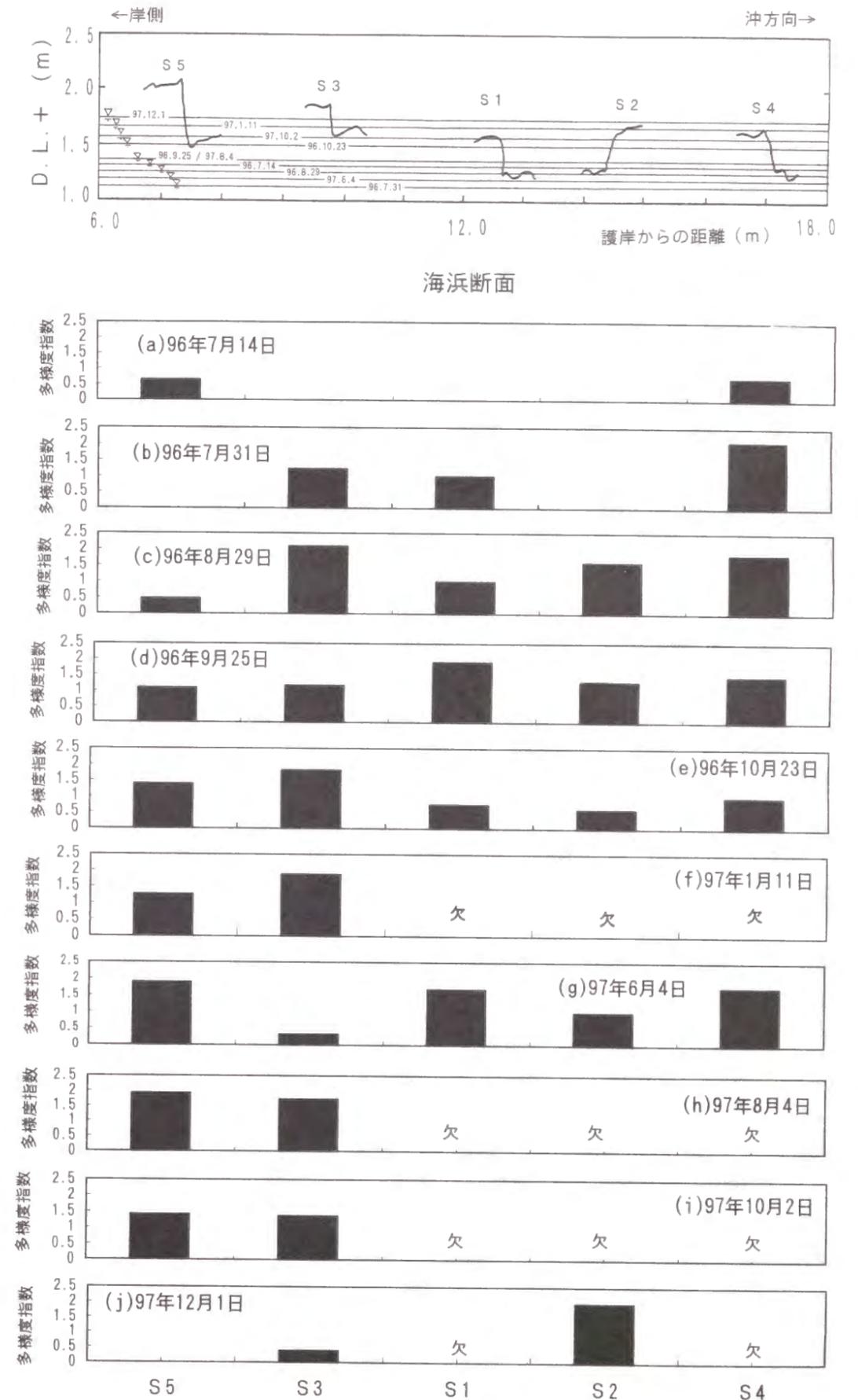


図-3.15 段差部における海浜断面と動物の多様度指数

部における垂直部分の高さについては、それぞれ異なっているが、いずれも約30～50cm程度である。さらに、S2だけが他の段差部と異なり、垂直部分が岸側を向いているなど、各段差部によって個々の特徴を有していることがわかる。

各段差部における多様度指数について、総括的にみると、3.5.1でも述べたように、S1～S5のような波食溝の段差部では、多種多様な付着動物にとって生息しやすい環境が形成されているため、多様度指数は全体的に大きい値を示しており、また0になるものが少ない。また、全般的には沖側に位置するレベルの低いものほど多様度指数は大きくなるようであるが、レベルの高いS3とS5については、いずれの調査日も多様度指数は大きくなっている。これについては、S3とS5のいずれの段差部にもタイドプールが形成されているためであろう。

つぎに、各調査日ごとにみると、図(a)、(b)および(j)に示した96年7月14日、7月31日および97年12月1日のものについては、多様度指数が0になる段差部がみられる。前述したように、波食溝の段差部では、多様度指数が0になることは少なく、全調査日のなかでもこれらの調査日だけであり、これらは潮位の低い夏季あるいは潮位の高い冬季のいずれかである。このことから、潮位の低い夏季については、磯表面で湿潤状態を確保することのできる波食溝の段差部に、乾燥を好まない付着動物が集中したものと思われる。すなわち、前述した肉食性のイボニシガイのような食物連鎖において上位を占める動物が優占種となったためであろう。また、天然磯におけるこうした段差部においては、湿潤状態の日陰を好む海綿類が、その垂直部分のほとんどを被覆し、それ以外の動物が付着できない状態になっている場所も多くみられた。しかしながら、S4では両調査日の潮位が低いにもかかわらず、いずれの日も多様度指数は他の段差部に比べると大きくなっている。これについては、S4がもっとも沖側にあり、干潮汀線付近に位置していることから波しぶきなどの影響を受けるためであろう。さらに、段差部が岸側を向いているS2に着目すると、S4について沖側にある測点ではあるが、96年7月14日および7月31日のいずれにおいても多様度指数は0になっている。これについては、S2の垂直部分が面している向きの影響が考えられる。すなわち、S2だけが南向きの段差部であることから、北向きの他の段差部に比べて日陰が出来にくいことと、段差部が岸側を向いていることから波しぶきの影響を受けにくいためであろう。一方、潮位の高い冬季に多様度指数が0になる原因は、二つが考えられる。その一つは、もっともレベルの高いS5であっても潮位が高いことから段差部の垂直部分に直接波が作用する。したがって、そこ

では強い波当たりに対しても付着することが出来るカサガイ類が優占種となるためであり、いま一つは、冬季は気温よりも水温の方が高いため、多くの付着動物が生息レベルを下げて生活している。このため、干潮時の汀線付近では耐寒性の強い付着動物だけが生息し、それが優占種となるためであろう。

さらに、測点S1～S5の波食溝の段差部を、岸側にありレベルの高いS3およびS5と沖側にありレベルの低いS1、S2およびS4の二つのグループに分けてみると、欠測のある調査日を除き、付着動物の多様度指数は、岸側にあるレベルの高い段差部のもののほうが、沖側にあるレベルの低いものに比べ、小さくなる傾向がみられる。しかし、潮位が高く、段差部のほとんどが水没している96年10月23日のものは、逆の傾向を示しており、岸側にあるレベルの高い段差部のもののほうが、沖側にあるレベルの低いものより多様度指数が大きくなっている。また、レベルが低いS1、S2およびS4の段差部では多様度指数がほぼ等しくなっている。これらのことから、付着動物の多様性に及ぼす段差部のレベルの影響については、干出時間が長く、磯表面が比較的乾燥するような場所では、段差部における微地形や湿潤状態が付着動物の多様性に大きく影響を及ぼすが、それが完全に水没してしまうと、それらの影響はほとんどなくなることが明らかになった。また、多様度指数については、段差部が干潮汀線付近にあり、波しぶきなどの影響を受けるもののほうが、それが完全に水没しているものより大きくなることがわかった。

b) 波食溝の形状

これまでは、波食溝の上段水平部分、垂直部分および下段水平部分を包括した段差部全体における付着動物の多様性に及ぼすその位置やレベルの影響について検討してきた。しかしながら、段差部は、上段水平部分、垂直部分、下段水平部分の3つの部分で形成されており、それぞれの部分によって地形的環境が大きく異なっている。そこで、ここでは段差部のどの部分が、付着動物の多様性にもっとも影響を及ぼし、また付着動物にとって良好な環境を創り出しているのかを明らかにする。

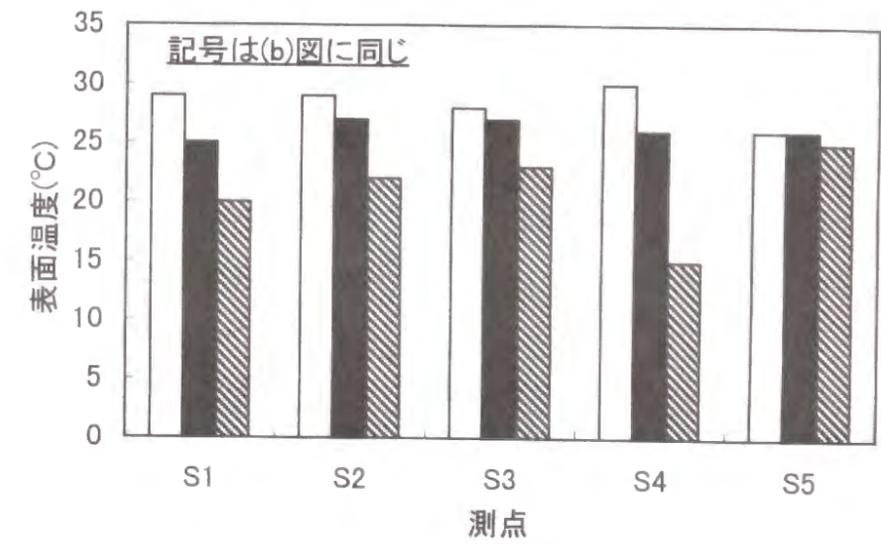
図-3.16(a)および(b)は、測点S1～S5の段差部におけるNo.1～3の各ブロック(30×30cm)ごとに表面温度と付着動物の多様度指数を示したものである。なお、図(a)は表面温度、図(b)は多様度指数であり、いずれも96年7月から97年12月までの間の合計10回にわたる調査の平均値である。

図(a)の表面温度については、いずれの測点も、下段水平部分であるブロックNo.3のものがもっとも低く、上段水平部分のブロックNo.1のものがもっとも高くなっている。これは、下段水平部分のブロックNo.3では、タイドプールが形成されることや海水からの干出時間がもっとも短いことから、磯表面の湿潤状態が保たれやすい。したがって、表面温度はあまり高くないものと思われる。これに対して、上段水平部分のブロックNo.1では、3つのブロックの中でもっとも高い位置にあり、海水からの干出時間が長く磯表面は乾燥しやすく、また直射日光を長く受けることから磯表面の温度が高くなるものと思われる。

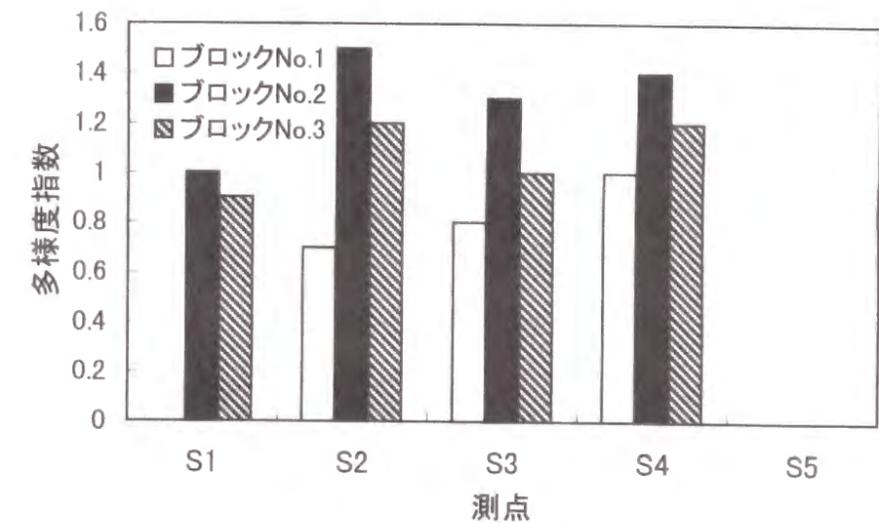
図(b)の多様度指数については、S5のものを除き、いずれの測点でも、垂直部分のブロックNo.2における多様度指数がもっとも大きくなっている。また、上段水平部分のブロックNo.1と下段水平部分のブロックNo.3を比べると、ブロックNo.3のほうがNo.1のものよりいずれも大きくなっている。

これらのことから、段差部における垂直部分やタイドプールが形成され転石のある下段水平部分は、多種多様な付着動物が生息しやすい環境であることがわかる。

さらに、ほぼ同じレベルにあるS3およびS5におけるブロックNo.2を比較すると、S3における多様度指数のほうがS5のものより大きくなっている。当初は、段差部における垂直部分の高さが、S3は約30cm、S5は約50cmであることから、垂直部分の高いS5のほうがその領域が広いため様々な微地形が形成されているものと思われ、多様度指数も大きくなるものと推測された。しかし、予想に反し、垂直部分の低いS3のほうが多様度指数は大きい結果が得られた。これについては、垂直部分では、付着動物はそのほとんどが下部に生息しており、大きくひび割れた部分の隙間などを除き、上部にはほとんど付着していない。このことから、多種多様な動物にとって生息しやすい環境である段差部における垂直部分の高さは、高いほどよいという単純なものではなく、付着動物の生息に適した高さが存在するようである。さらに、本研究で対象としている人工磯は、環境教育の場、すなわち磯観察のような体験フィールドとして利用されるものであることを考慮すると、こうした段差部の高さは、生物にとっても人間にとっても望ましいものでなければならない。なお、人間にとって望ましい段差部の高さに関しては、建築学において望ましい階段の条件が検討されており、人間の消費エネルギーや快適性から、階段の蹴上は15cm、踏面は30cm、勾配は50%が、もっとも理想的であるとされている³¹⁾。したがって、今後、生物と



(a) 表面温度



(b) 多様度指数

図-3.16 段差部における各ブロックごとの表面温度と多様度指数

の共生を目指した人工磯における波食溝段差部の高さについて、人間も含めたあらゆる生物にとって望ましい高さを明らかにする必要がある。

図-3.17(a)、(b)および(c)は、測点S1~S5の段差部における表面温度と多様度指数を示したものであり、これらの図(a)~(c)は、それぞれブロックNo.1~3のものである。なお、このデータについても、96年7月から97年12月までの間の合計10回

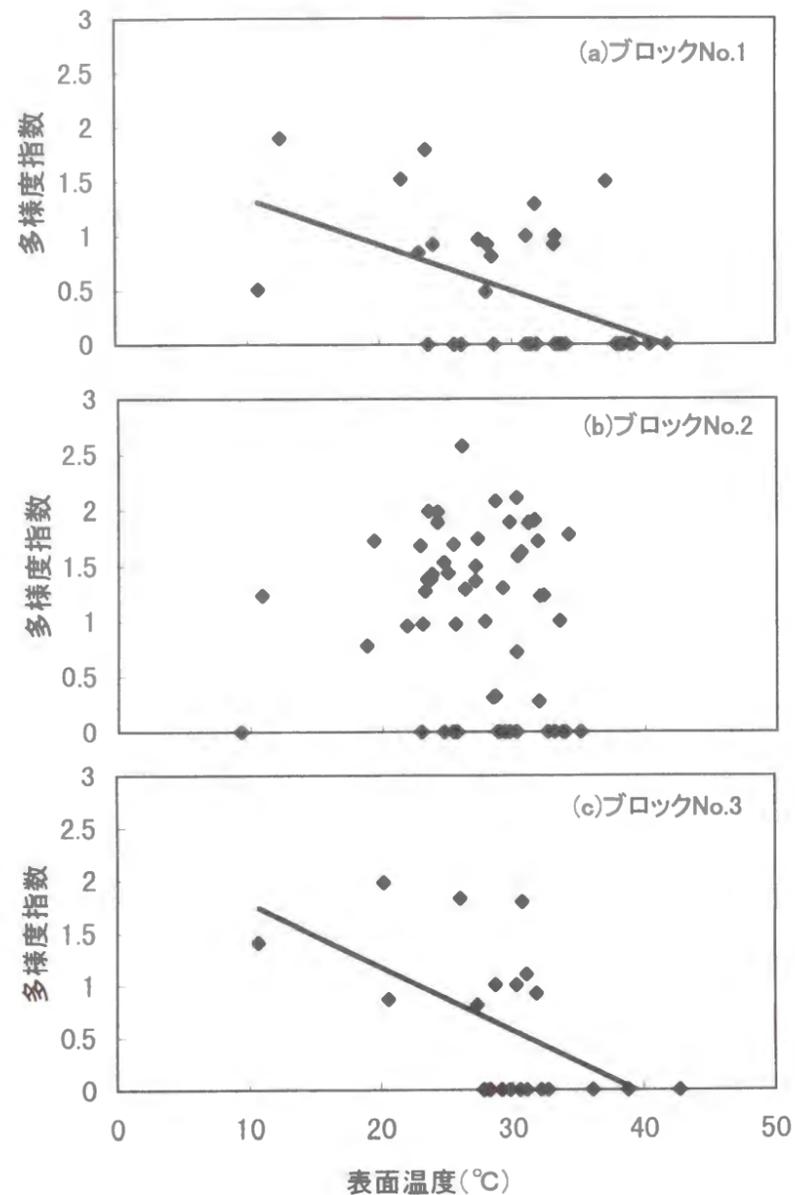


図-3.17 段差部における表面温度と多様度指数との関係

にわたる調査のものである。これらによると、図(a)および(c)の上段水平部分のブロックNo.1と垂直部分のブロックNo.2のものは、データのばらつきはみられるものの、表面温度が高くなるほど多様度指数は小さくなる傾向がある。しかし、図(b)の垂直部分のブロックNo.2のものは、表面温度が高くなっても多様度指数は小さくなることはない。これについては、段差部の垂直部分では、下段水平部分に比べ、

海水からの干出時間が長いため、表面温度は高くなるが、微地形が発達していることと、直射日光の影響を受けにくいいため、多様度指数はあまり小さくならないものと思われる。

これらのことから、段差部の水平部分では付着動物の多様性に及ぼす表面温度の影響は大きい、垂直部分では小さいことがわかる。

c) 礫表面の粗度

礫浜における波食溝段差部の水平部分に比べ垂直部分では、前述したように付着動物の多様性が高く、また、その表面もかなり複雑な地形をしていることが多い。そこで、ここでは段差部の水平部分および垂直部分における付着動物の多様性に及ぼす表面形状の影響を明らかにするため、後述する供試体の結果と天然礫における波食溝の段差部のものとを比較検討する。

図-3.18(a)および(b)は、供試体と段差部の海浜断面を示したものであり、図(a)が供試体、図(b)が段差部についてのものである。ただし、供試体は天然礫の構成素材と同じ砂岩であり、段差部については供試体が設置されているレベルとほぼ同じレベルの測点S4をそれぞれ対象とした。また、供試体は、20×20×25cmの直方体で、沖からみた正面を第1面、天端面を第2面とした。なお、供試体の詳細については3.5.6で述べる。したがって、垂直部分である供試体の第1面と段差部のブロックNo.2、また、水平部分である供試体の第2面と段差部のブロックNo.1を、それぞれ

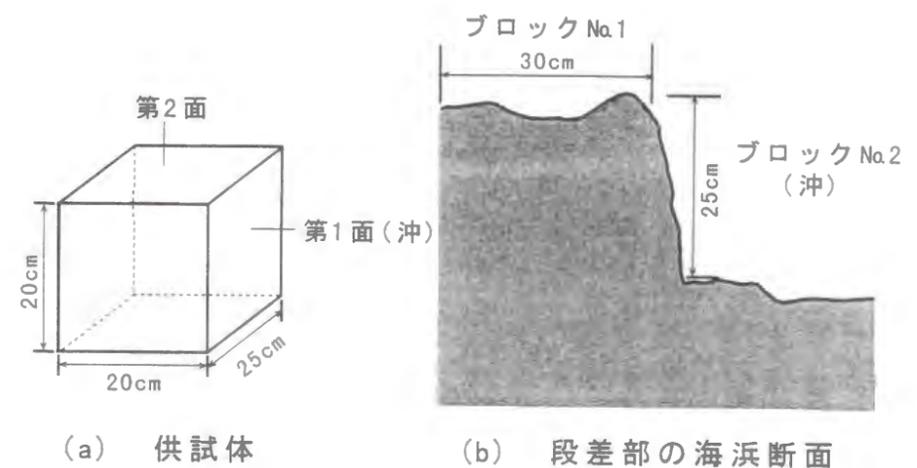


図-3.18 供試体と段差部の海浜断面

対応させて比較検討する。

図-3.19は、供試体および段差部における水平部分の表面温度および付着動物の多様度指数を各調査日ごとに示したものであり、それぞれ図(a)は表面温度、図(b)は多様度指数である。これらによると、7月14日の表面温度および9月25日の多様度指数において、供試体および段差部の水平部分に、若干の違いがみられるが、ほかのものについては、ほとんど差はみられない。これについては、段差部であっても水平部分であるブロックNo.1の地形が、供試体の天端面と同様に、非常に単純であるためと考えられる。

図-3.20は、供試体および段差部における垂直部分の表面温度および付着動物の多様度指数を各調査日ごとに示したものであり、それぞれ図(a)は表面温度、図(b)

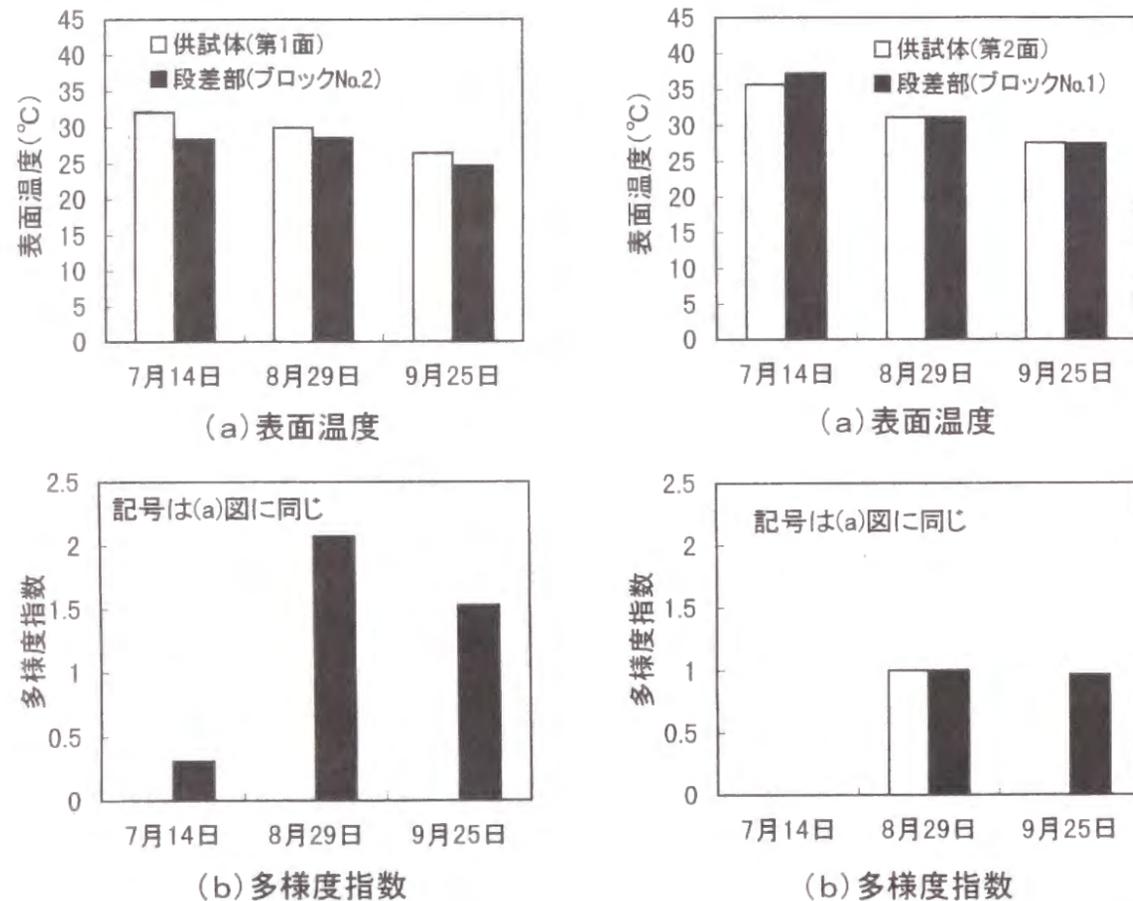


図-3.19 水平部分における表面温度と付着動物の多様度指数

図-3.20 垂直部分における表面温度と付着動物の多様度指数

は多様度指数である。これらによると、表面温度については、供試体の第1面よりも段差部のブロックNo.2のほうが、いずれの調査日においても低くなっている。このように表面温度に差がみられるのは、供試体の表面形状が凹凸もなく平滑であるのに対し、段差部の垂直部分であるブロックNo.2では波による侵食や自然に剥離した状態であるため、表面形状は供試体に比べるとかなり複雑な形状をしている。また、付着動物の多様度指数については、表面温度とは逆に、供試体の第1面では、いずれの調査日においても0であるが、段差部のブロックNo.2ではかなり大きい値を示している。したがって、多種多様な動物が生息する条件としては、同じ垂直部分であっても、表面温度が低く、なおかつ、そこにおける表面形状がより複雑なものがよいことがわかる。

以上、段差部および供試体において、その表面における形状の違いを取り上げ、それらにおける付着動物の多様度指数を比較検討してきた。その結果、磯表面の粗度について、多種多様な動物が生息するのは、表面に凹凸のない単純な地形ではなく、それがより複雑なものであることが明らかになった。

3.5.3 磯浜における岩石間の空隙

これまで天然磯における特徴的な微地形として、「波食溝の段差部」を取り上げ、そこにおける付着動物の多様性について検討を行ってきた。一方、人工磯は辺長が約1mの花崗岩が空積みされただけであり、天然磯にみられるような段差部などはほとんど存在せず、地形は非常に単調である。しかし、磯表面の地形は単調であるが、人工磯の構成素材である花崗岩の岩石間に空隙が形成されており、これらの空隙は、大きさや深さが大小さまざまであり、その内部では特有な生物相を保持している。したがって、ここでは人工磯における特徴的な微地形として「岩石間の空隙」に着目し、そこにおける付着動物の多様性について検討する。

図-3.21は、本研究で調査対象とした人工磯の岩石間に形成される空隙R1~R4の位置関係を示したものである。この図からわかるように、いずれも突堤の外側の海に面した勾配が1:3の斜面上にあり、3.5.5において後述するが、波当たりは突堤の内側に比べるとかなり強い。また、R1~R4の位置関係については、北西の方向からR1、R2およびR4の順に並んでおり、これらはほぼ同じレベルにある。しかし、R3だけは、そのほかの空隙よりも若干レベルが高く、R2と比較して突堤ののり面に沿って77cm高い位置にある。また、空隙R1、R2、R3およびR4の特徴については、まずR1

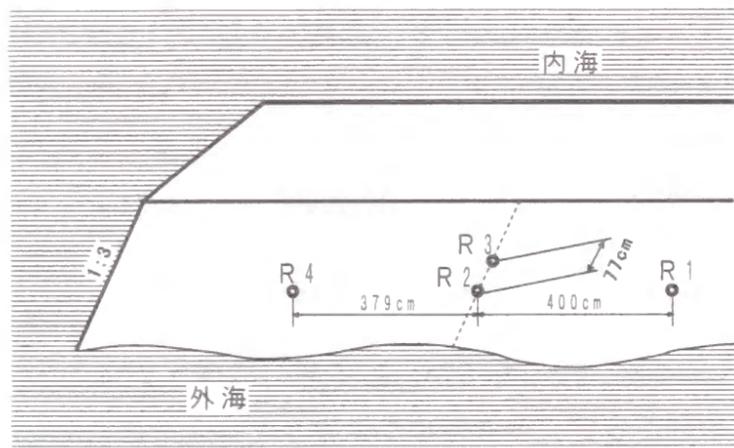


図-3.21 岩石間の空隙の位置

は、3つの大きな花崗岩によって形成された空隙であり、その他の空隙に比べて空間容量がもっとも大きく、深さも約65cmとかなり深い。そのうえ、この空隙の底面は常に海水に没しているため、湿潤状態が保たれている。R2は、2つの大きな花崗岩によって形成された細長い空隙であり、その幅は非常に狭い。そのため、R2は、深さがR1の1/2程度しかないにもかかわらず、直射日光が入りにくく、比較的湿潤状態を確保しやすい形状といえる。R3は、その他の空隙に比べ底面の転石がもっとも多く、粒径10cm程度のほぼ一様なものがかなり密に詰まっている。また、前述したように、R3のレベルはそのほかの空隙よりも若干高く、またその深さについてもR1の1/2程度であるため、空隙内は比較的乾燥した状態にある。R4は、R3と同様に空隙の底面がすべて転石で覆われているが、R3のように転石が密には詰まっていない。また、R3およびR4における転石の状態は、粒径が大小さまざまであり、転石間にも若干の隙間がみられる。

このように、それぞれ異なる特徴を有している岩石間の空隙R1~R4を対象として、そこにおける付着動物の多様性について検討する。

図-3.22は、岩石間に形成される空隙R1~R4の側面および底面における多様度指数を示したものであり、これらの図(a)、(b)、(c)および(d)は、それぞれ96年8月29日、9月25日、10月24日および97年1月13日におけるものである。これらによると、いずれの空隙においても、底面より側面における多様度指数のほうが大きいことがわかる。このことから、空隙内における付着動物の多様性は、底面よりも側面のほ

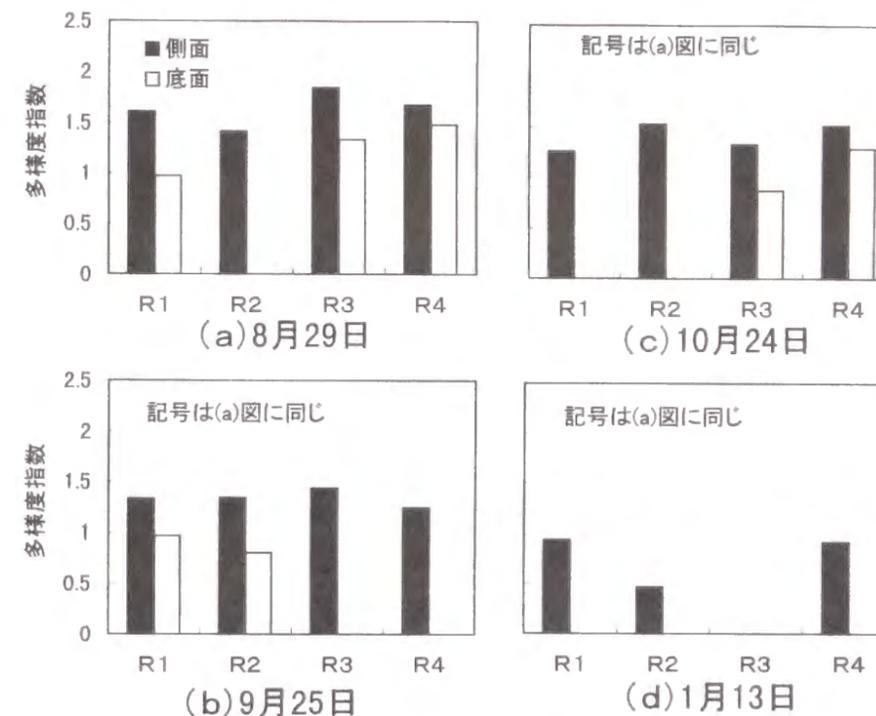


図-3.22 岩石間の空隙における付着動物の多様度指数

うが高いことがわかる。そこで、空隙の側面における多様度指数に着目し、詳しくみてみると、まず図(a)の夏季のものによると、R3はほかの空隙よりもレベルが高く、その内部が乾燥しやすいため、気温の高い夏季において多様度指数は小さくなるものと推測された。しかし、実際にはR3における多様度指数がもっとも大きくなっている。この原因については、前述したように、R3ではレベルは高いが、転石が密に詰まっていることから湿潤状態が比較的確保されているものと思われる。また、図示はしていないが、R3の空隙の隅角部の角度は、R1やR4のものに比べて小さいため、空隙内は直射日光が当たりにくく、湿潤状態が比較的確保されることもその一因と考えられる。したがって、夏季のような動物にとって厳しい環境になると、こうした直射日光が当たりにくい場所に多くの動物が集まってくるものと考えられる。

また、多様度指数は、いずれの空隙においても、夏季に大きく、冬季に小さくなる傾向を示している。これについては、気温が高く、干潮時の潮位がもっとも低い夏季においては、磯表面がかなり高温になるとともに乾燥状態になり、それを嫌う多くの付着動物が、岩石間の空隙に逃れるため、そこでの多様度指数が大きくなる

ものと考えられる。また、冬季においては、気温よりも海水の水温のほうが高くなるため、多くの動物が生息レベルを下げる避冬行動をとることから岩石間の空隙における多様度指数は小さくなるものと推測される。これについては、ほかの空隙よりもレベルの高い位置にあるR3の多様度指数が冬季には0になっていることや、冬季の調査時には、いずれの空隙においても、その側面の下方に集中して動物の生息が確認されていることからわかる。

つぎに、空隙の底面における付着動物の多様度指数については、その値が0になるものが多く、前述の側面においてみられたような季節変化は現れないことがわかる。しかし、空隙の底面についてさらに詳細にみると、この(a)および(c)に示した夏季と秋季におけるR3とR4の多様度指数を比較すると、いずれの季節においても、R4のものの方がR3のものよりも、大きい値を示している。これについては、大別して2つの原因が考えられる。一つは、R4がR3に比べ、レベルの低い位置に存在していることであり、いま一つは、底面における転石の状態による影響であり、R4では大小さまざまな転石が粗く詰められているのに対し、R3では一様な粒径の転石が密に詰められているという違いによるものである。しかしながら、これらについては、データ数が少ないため、今後さらに継続して調査を行い、より詳細に検討する必要がある。

以上のことから、夏季においては、岩石間の空隙は、前述した「波食溝の段差部」に形成されるタイドプールと同じような役割を果たしており、そこには多種多様な動物が生息するが、冬季においては、そのような傾向はみられないことがわかった。また、空隙内の側面および底面をそれぞれ天然磯にある段差部の垂直部分および水平部分と対応させて考えてみると、この人工磯の岩石間に形成される空隙においても、天然磯にある段差部と同様なことがいえることが明らかになった。すなわち、空隙内において多種多様な動物が生息するのは、底面の水平部分よりも側面の垂直部分であるといえる。

3.5.4 磯浜におけるタイドプールの影響

これまで、磯浜における付着動物の多様性に及ぼす地形的要因の影響について検討し、付着動物の多様性には、波食溝の段差部、タイドプール、磯表面の粗度および岩石間の空隙などの影響が大きいことを明らかにしてきた。そのなかでも、特に重要な役割を果たす地形的要因の一つとして、天然磯の波食溝の段差部にみられる

ようなタイドプールの存在がある。タイドプールとは、潮だまり (tide pool) と呼ばれ、潮間帯に位置する岩礁海岸において、干潮時には海水が残っている窪みのことであり、付着動物の生息環境として重要な湿潤状態を左右する要因でもある。そこで、豊かな生物相を保持するタイドプールの条件を明らかにするため、大阪府泉南郡岬町の長松自然海浜にある天然磯のタイドプールと現在造成中である淡輪・箱作海岸の人工磯にあるケーソン型タイドプールを対象として、気象および水質と付着動物に関する現地調査を行った。調査に先がけて、天然磯では、調査対象としたT1~T11のタイドプールの位置と潮位基準面 (D.L.) からの高さを明らかにするために、タイドプールの長軸と短軸の交点を基準として、護岸からの距離、表面積および最大水深について、平板による細部測量およびレベル測量を行った。さらに、タイドプールの底側面の状態についても調査し、各々のタイドプールの特徴をより詳細に明らかにしようとした。また、人工磯においても、天然磯と同様に、タイドプールの位置と潮位基準面 (D.L.) からの高さ、さらに、その表面積や水深についても測量を行った。ここでは、タイドプール内における付着動物の多様性に及ぼすこれらの影響を検討した。

a) タイドプールの地形

図-3.23には調査対象とした天然磯内のタイドプールの位置を、図-3.24にはそれらの護岸からの距離と潮位基準面からの標高との関係をそれぞれ示した。なお、これらのタイドプールは、干潮時にも海水が岩の窪みに完全に残るものから岩の割れ目から徐々に抜けて干上がってしまうものまで様々であり、それぞれのタイドプールの特徴は表-3.5に示すとおりである。

一方、大阪府が淡輪・箱作海岸環境整備事業の一環として、阪南市から泉南郡岬町にまたがる淡輪・箱作海岸に造成している人工磯にあるタイドプールについては、その大きさや水深の異なるコンクリートのケーソンを沖に突き出た突堤の前面に埋め込んだもので、合計8基が設置されている。これらの天端高さは、いずれも大阪府の工事用基準面 (C.D.L.) +1.14mであり、満潮時には完全に水没し、干潮時には完全な閉鎖水域となる。なお、この8基のコンクリートケーソン型タイドプールについての位置と大きさは図-3.25に示すとおりであり、これらの水深は①、②、③、⑥、⑦および⑧がそれぞれ約1.2m、④が約1.0m、⑤はもっとも深く約3.2mである。本研究では、人工磯のタイドプールのなかでもっとも小さい容積の④を調査対

表-3.5 天然磯におけるタイドプールの特性

タイドプール名	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	
護岸からの距離 (cm)	162	255	527	762	875	50	455	945	1140	1440	1550	
潮位基準面からの標高(cm)	199	204	160	142	156	173	165	157	122	195	130	
表面積 (m ²)	0.21	0.88	0.33	0.72	0.60	0.85	0.60	0.51	1.25	0.09	3.78	
最大水深 (cm)	15	10	20	24	15	14	6	14	50	11.5	60	
海藻の被度 (%)	1995. 7.28	65	45	30	10	30	10	0	25	20	40	30
	10. 5	10	20	20	25	30	5	0	10	20	0	20
	1996. 1.24	10	100	20	30	70	0	10	5	0	70	0
	5.18	40	100	80	10	70	5	5	5	60	80	90
	7.31	60	5	35	20	50	0	5	0	80	30	40
	10.23	0	0	5	0	65	0	0	75	40	0	60
動物の種数 (種)	1997. 1.11	0	0	40	0	60	0	0	50	60	30	40
	1995. 7.28	15	6	6	12	13	8	13	18	9	5	13
	10. 5	13	7	10	14	13	6	12	13	15	6	15
	1996. 1.24	10	7	10	12	12	10	11	11	-	6	-
	5.18	7	7	10	10	13	8	7	6	8	6	11
	7.31	10	6	10	12	12	7	10	10	11	7	10
10.23	11	7	9	10	12	10	9	11	-	7	-	
1997. 1.11	11	5	8	-	12	12	8	11	-	8	-	

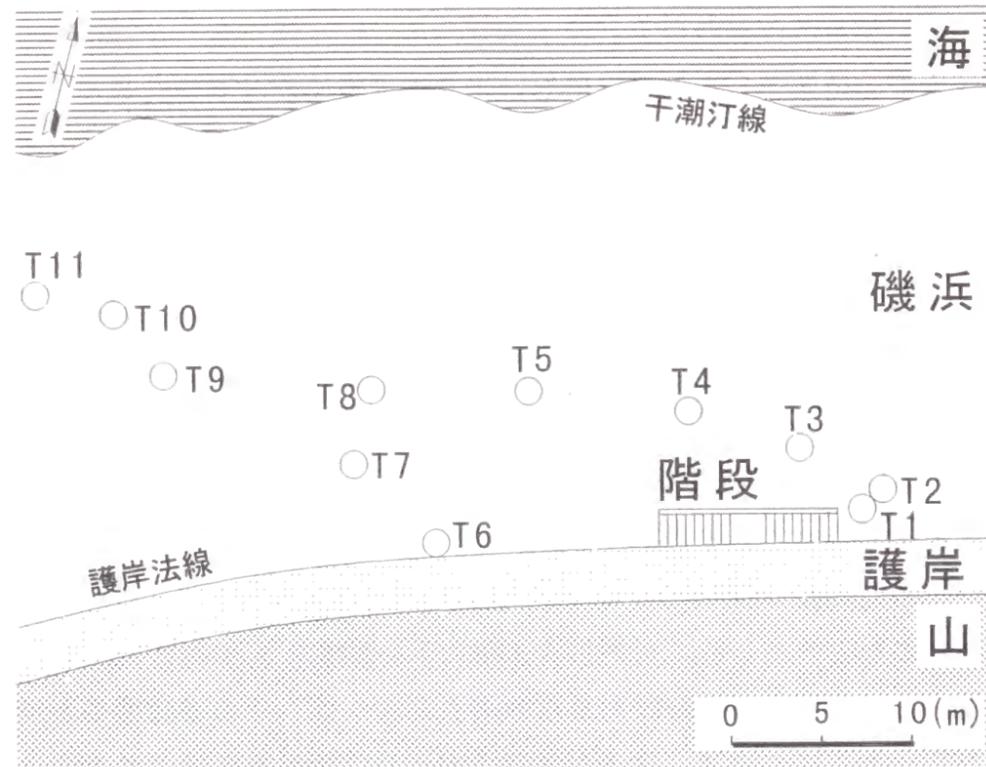


図-3.23 天然磯におけるタイドプールの位置

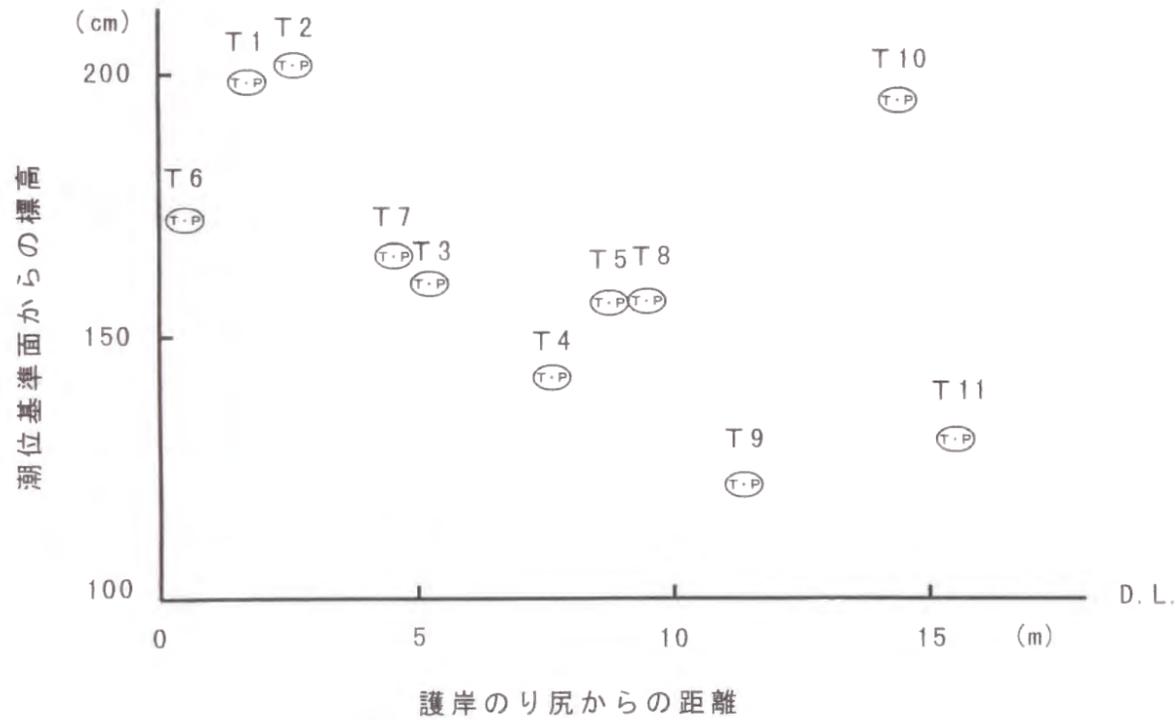


図-3.24 タイドプールの位置と標高

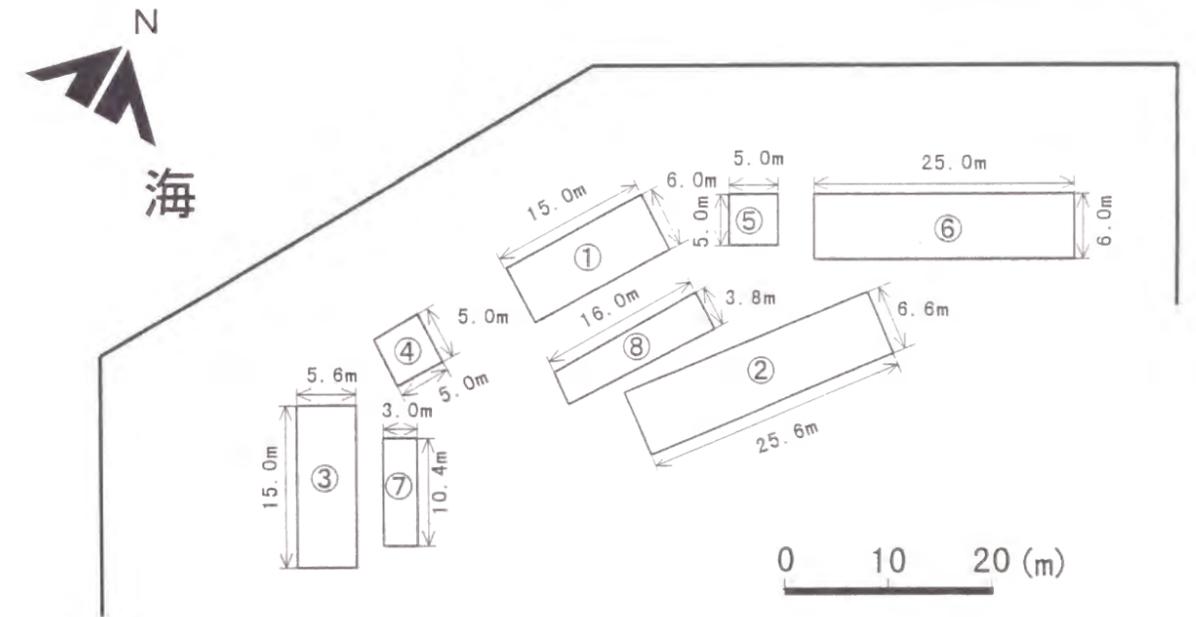


図-3.25 人工磯におけるタイドプールの位置

象としたが、人工磯のものは、天然磯のものに比べ、水深、表面積および容積のいずれもかなり大きいことがわかる。

b) タイドプール内の水質

天然磯のタイドプールのように水深や容積が小さいと、タイドプール内における水質は、気象要因に大きく影響を受けるものと考えられる。すなわち、天候は、タイドプール内の水質、なかでも特に、塩分濃度への影響がかなり大きいようである。これは、塩分濃度が降雨などによる淡水の影響を受けやすいためである。また、風向および風速については、海水流動や風の吹き寄せによる水位の上昇など、潮位に対して影響を及ぼすことが推測される。干潮時の潮位については、タイドプール周辺における磯表面の湿潤状態およびタイドプール内に残留する水量などに大きく影響を及ぼすものと考えられる。たとえば、潮位の比較的高い96年1月、10月および97年1月において、標高の低いところに位置するT9やT11では、完全に外海から閉鎖されることなく、海水交換が行われるような状態になっている。

このように、気象要因については、後述するタイドプール、特に天然磯のものにおける水質や付着動物に対して、さまざまな影響を及ぼしているものといえよう。

図-3.26、27、28および29は、天然磯のタイドプール内における95年7月から97年1月までの間の各調査日ごとの干潮時の水温、塩分濃度、pHおよびDOを示したものである。なお、図中には、同じ干潮時におけるタイドプール外での測定値も、横軸に平行な直線で示した。また、人工磯のコンクリートケーソン型タイドプール④は、図-3.25に示したように、人工磯のタイドプールのなかではもっとも小さいものであるが、一辺が5.0mの正方形で水深が1.0mと天然磯のものに比べるとかなり大きい。したがって、天然磯におけるタイドプールとは、水質においてかなり異なった環境を有しているものと思われる。そこで、各図の(c)~(f)には、人工磯のケーソン型タイドプール④における水質も併せて示した。ただし、95年7月のT4、同年10月のT7および96年10月のT7は、タイドプールの水深が小さく計測不可能であったものであり、96年5月については、すべて欠測であった。

これらによると、図-3.26(a)~(f)に示した水温については、95年7月および96年7月はタイドプール内での値が、それぞれ31.3~37.8℃および28.6~33.3℃の範囲にあり、タイドプール外での値、29.0℃および26.9℃に比べて、いずれの年もかなり高くなっている。逆に、いずれの年も10月になると、タイドプール内では、22.5~

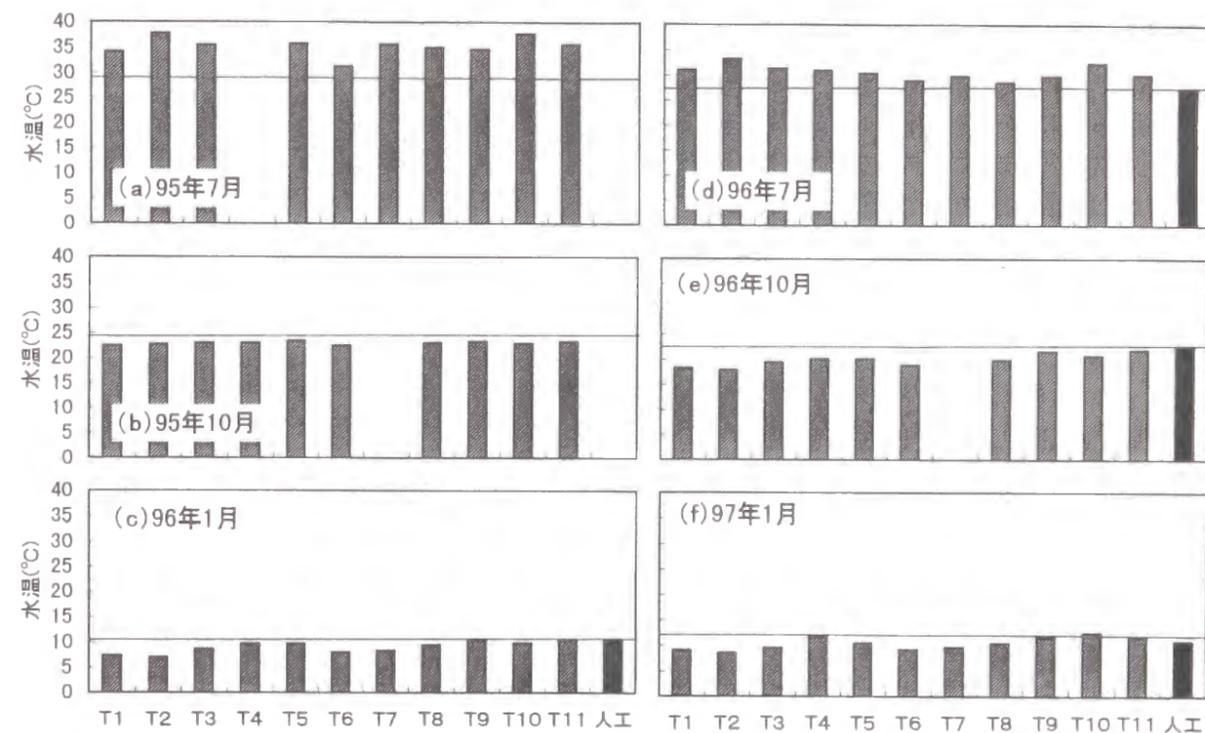


図-3.26 タイドプールにおける水温

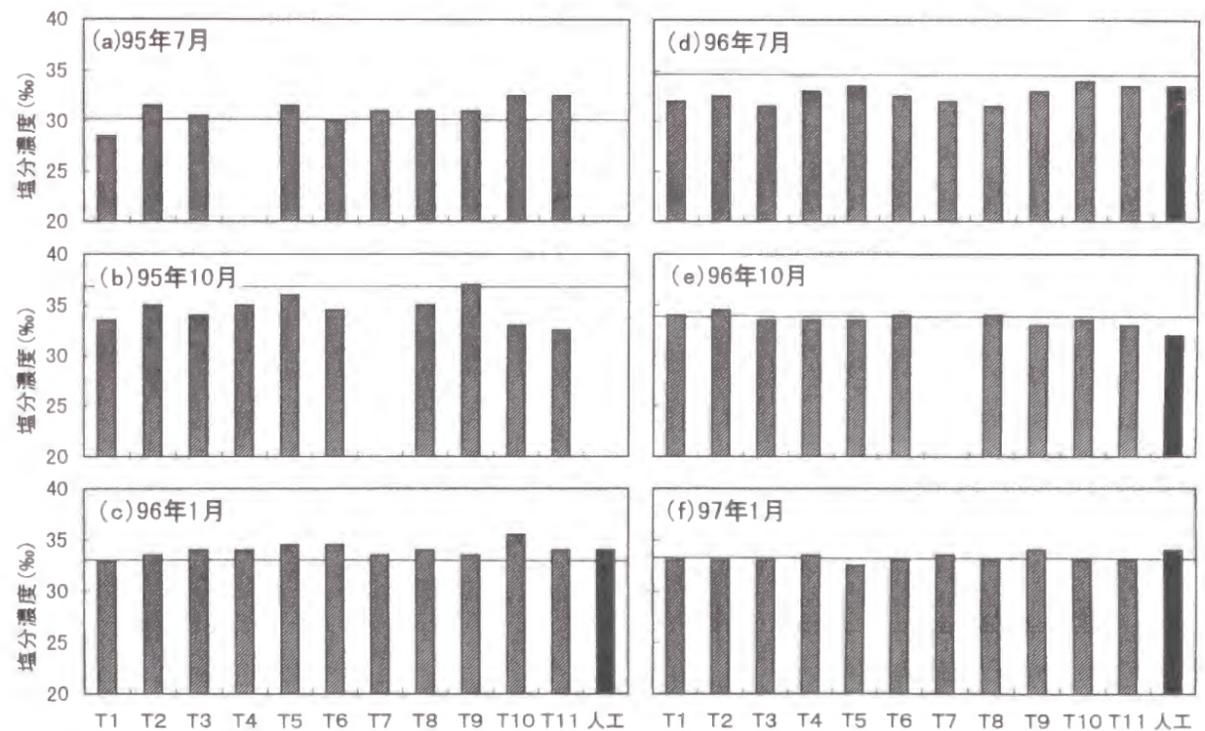


図-3.27 タイドプールにおける塩分濃度

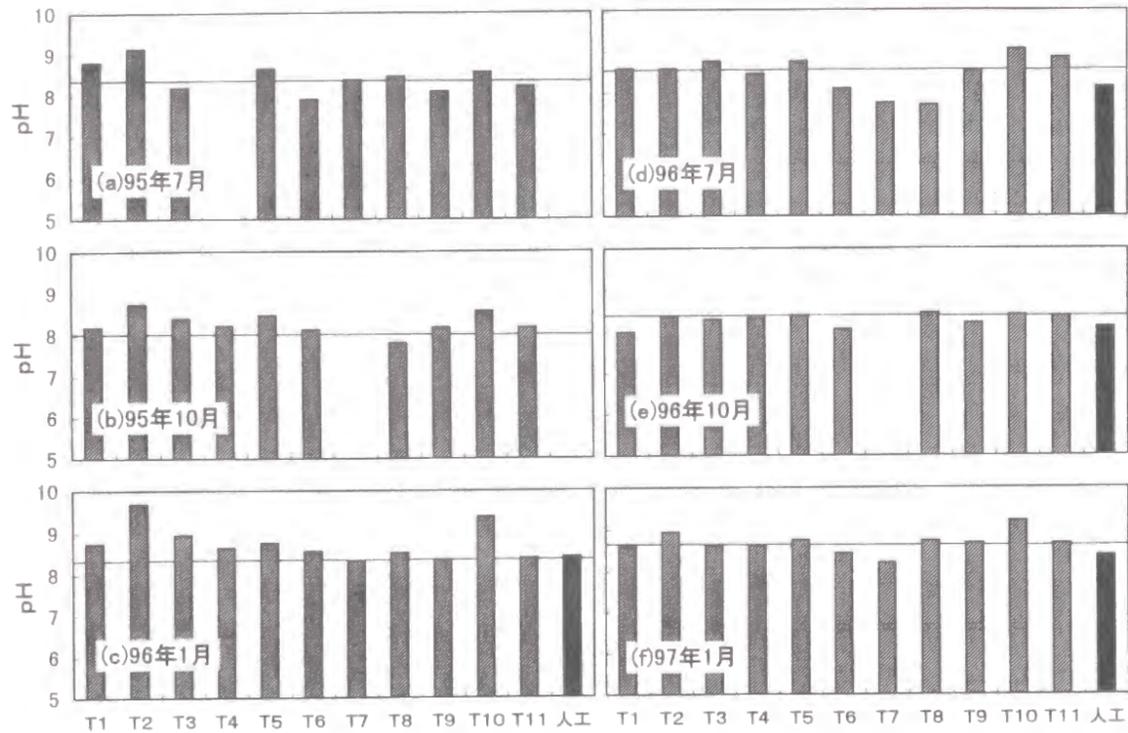


図-3.28 タイドプールにおけるpH

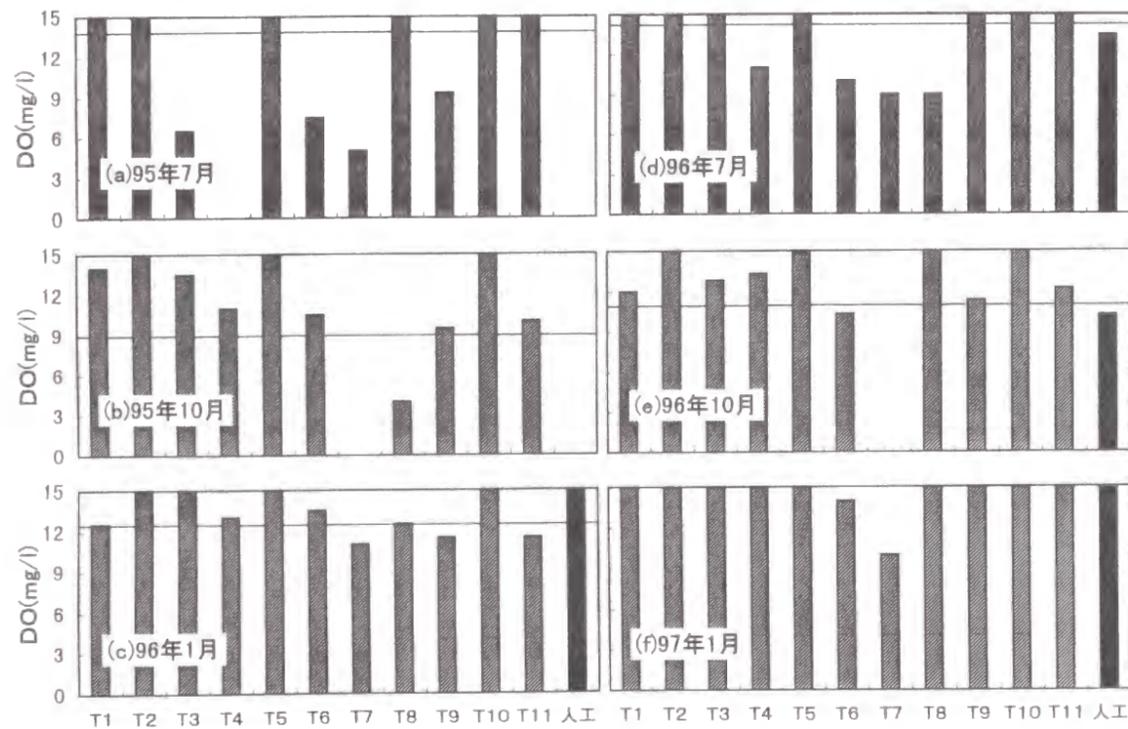


図-3.29 タイドプールにおけるDO

23.4°Cおよび17.9~21.9°Cの範囲にあり、96年10月のT9とT11を除くすべてのものが、タイドプール外での23.4°Cおよび21.9°Cに比べて、若干低い値を示す傾向がみられる。また、両年1月のものについても、96年1月のT9とT11、97年のT9、T10およびT11を除くすべてのものが、10月のものと同様に、タイドプール外での水温のほうがタイドプール内のものより高くなっている。これらの原因については、天然磯におけるタイドプールの水深が、タイドプール外の測定位置での水深に比べて、きわめて浅く、なおかつ、タイドプール内においては海水交換が行われないことから、気温の影響を直接受けているものと考えられる。このことは、同じ7月でも、より気温の高い95年のタイドプールの内部と外部における測定値の差のほうが、96年のものに比べると、全般的に大きくなっていることからわかる。なお、96年1月、10月および97年1月のT9とT11は、いずれも干潮時であっても完全に閉鎖されておらず、タイドプール外との海水交換が行われていたため、タイドプール外の値に近い値を示している。

また、天然磯と人工磯におけるタイドプール内の水温を比較してみると、人工磯のタイドプール④のものは、前述したように、完全な閉鎖水域にならず海水交換が行われていた天然磯のタイドプールT9やT11の96年1月、10月および97年1月のものと同様に、比較的高い値を示している。これについては、人工磯のタイドプール④の水深が、天然磯のものに比べるときわめて大きく、気温による影響をあまり受けないためと考えられる。なお、このことは、96年7月において、天然磯におけるいずれのタイドプールよりも、人工磯のものの方が低い値を示すことからわかる。

図-3.27(a)~(f)に示した塩分濃度については、96年7月のものは測定時に液晶部に異常がみられたため、測定値の信頼性に欠けると判断し、96年7月のデータは欠測として考察する。また、95年7月のタイドプール外の値についても30%となっており、この値についても一般的な海水の塩分濃度²⁸⁾である35%に比べると、かなり低い。これについては、計測器の調整を行う際に用いた標準海水の塩分濃度に問題があったものと考えられるため、その定性的な傾向だけについて考察する。これらによると、95年10月を除き、いずれの調査日もタイドプール内での値がタイドプール外のものよりも高いかほぼ同じ値を示している。しかし、95年10月は、逆にT9を除くすべてのタイドプール内での値が、タイドプール外のものよりも低くなっている。これらの原因については、95年10月を除くいずれの調査日も、その天候は快晴であったため、日照の影響を受けてタイドプール内の塩分濃度が高くなったものと

考えられる。一方、95年10月については、ほかの調査日と同様に日照の影響も受けているものの、測定時の天候が小雨であったため、水分の蒸発量よりも降水量のほうが上回り、タイドプール内での塩分濃度が低下したものと考えられる。したがって、天然磯のタイドプールのように、その容量が小さいほど、塩分濃度に及ぼす天候の影響は大きくなるようである。

また、天然磯と人工磯におけるタイドプール内の塩分濃度を比較してみると、96年10月のものを除き、両者において、顕著な差はみられない。しかしながら、96年10月のものは、人工磯におけるタイドプールでは、天然磯におけるいずれのものよりも低い値を示している。これについては、両磯の調査日における気象の違いが原因と考えられるが、その詳細については明らかでない。

図-3.28(a)~(f)に示したpHについては、タイドプールごとに明確な特徴はみられず、季節変化もみられない。しかし、いずれの季節においても、タイドプール外の値と同程度の値を示すものが多い。また、いずれの年も7月と1月のタイドプール外の値やタイドプール内のは、両年10月のものに比較すると、若干ではあるが高い値を示している。これについては、いずれの年も7月と1月には、タイドプールの内部や外部において、海藻が比較的多く繁茂していたため、これらの光合成による炭酸同化作用の影響であろう。さらに、96年1月、10月および97年1月のT9とT11は、前述したように、干潮時も完全に閉鎖されておらず、海水交換が行われていたため、pHについても、タイドプール外の値とほぼ同じ値を示している。

また、天然磯と人工磯におけるタイドプール内のpHを比較してみると、人工磯のタイドプール内の測定値は、天然磯のものによく似た値を示している。また、ここで人工磯におけるタイドプール外とタイドプール内の値と比較すると、図示はしていないが、人工磯におけるタイドプール外のは、96年1月から順に、8.14、7.96、8.00および8.30であり、タイドプール内のは、いずれも高い値を示している。これについては、いずれの調査日も、人工磯のタイドプール内では、その側面全体に海藻が繁茂しているうえに、かなり閉鎖的な環境にあるため、それらの光合成による炭酸同化作用の影響を受けたものと考えられる。

図-3.29(a)~(f)に示したDOについては、いずれの季節においても、タイドプールごとに値がばらついており、明確な特徴はみられないが、いずれの年も多くのタイドプールで、海水の水温が低くなる7月、10月、1月の順にDOは高くなる傾向がみられる。これについては、海水への酸素の溶存量が、低温になるほど多くなる

ためであろう。

また、天然磯と人工磯におけるタイドプール内のDOを比較してみると、96年10月のものを除き、人工磯のタイドプール内の値は、天然磯のタイドプールのものと同様に、高い値を示している。これについても、前述したpHと同様に、タイドプールの側面全体に繁茂した海藻の影響を受けているものといえよう。なお、96年10月のものに関する原因については、明らかでない。

ここで、図-3.28に示したpHと図-3.29に示したDOについて、タイドプールごとに詳細にみると、T5およびT10は、いずれもタイドプール外の値よりも高い値を示している。これらのタイドプールについて、表-3.5に示した海藻の被度をみると、95年と96年10月のT10を除き、いずれも高い値を示している。このことから、タイドプール内のpHとDOには、海藻の光合成による影響が大きいことがわかる。そこで、pHとDOに、海藻の被度がどの程度影響しているのかを明らかにするため、それらと海藻の被度との関係を検討した。

図-3.30および31は、それぞれpHおよびDOと海藻の被度との関係を示したものである。なお、各図の(a)、(b)および(c)はそれぞれ、7月、10月および1月のものであり、いずれも調査を行った95年から97年にかけてのデータである。

これらによると、図-3.30に示したpHと海藻の被度との関係については、データに若干のばらつきがあるものの、タイドプール中の海藻の被度が高いほど、pHの値も高くなる傾向がみられる。これについては、タイドプール内における海藻の被度が高いほど、動物の呼吸活動による水中への炭酸の供給量よりも、海藻の光合成による炭酸の消費量のほうが多くなるため、pHが上昇するものと考えられる。

図-3.31に示したDOと海藻の被度との関係については、DOの測定に用いた計測器の性能上、その上限値は15mg/lである。したがって、15mg/lのデータ（実際には15mg/l以上）にかなりばらつきがみられるが、前述したpHと同様に、タイドプール中の海藻の被度が高いほど、全般的にその値は高くなるようである。この原因についても、pHの場合と同様に、海藻の光合成によるものと考えられる。また、図-3.29においてみられたように、ここでも、海水の水温が低下する7月、10月、1月の順に、その値が高い範囲に偏る傾向がみられる。

以上、タイドプール内における水質について、干潮時の天然磯におけるタイドプール内の水質とタイドプール外でのものを比較すると、タイドプール内の水温は気温、塩分濃度は日照、pHおよびDOは海藻の影響をそれぞれ強く受けることがわ

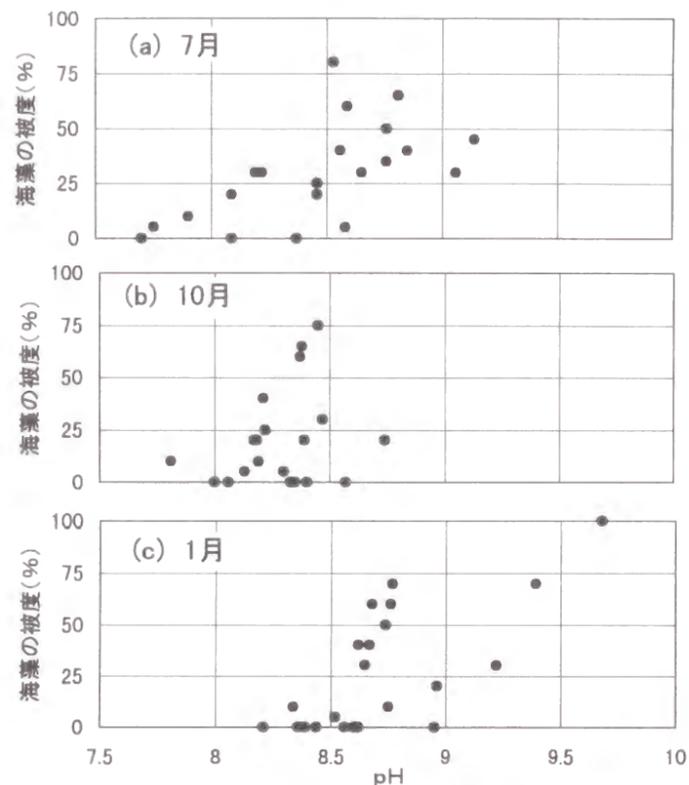


図-3.30 pHと海藻の被度との関係

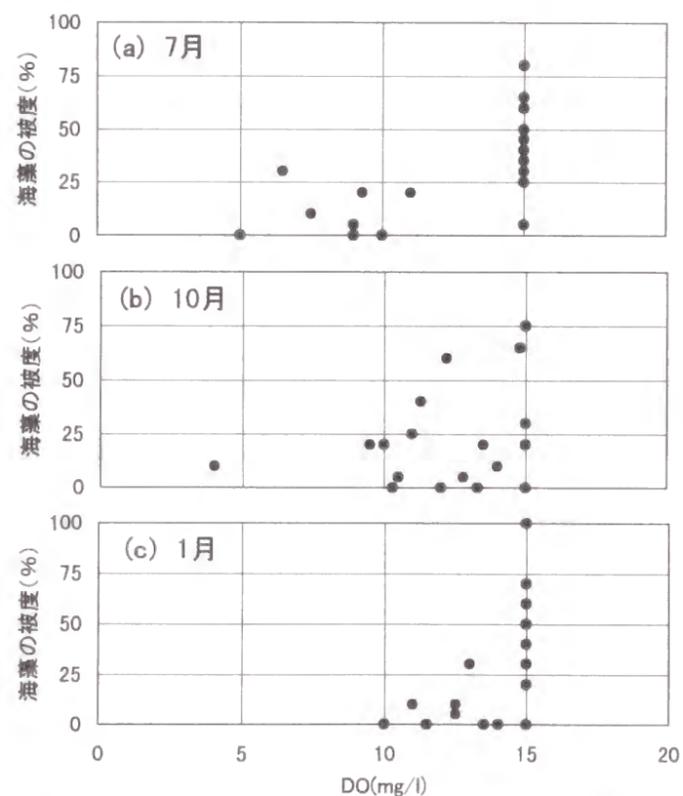


図-3.31 DOと海藻の被度との関係

かった。特に、pHとDOの値については、タイドプール中の海藻の被度が高いほど、いずれも大きくなる傾向がある。さらに、天然磯と人工磯のタイドプールの水質を比較した結果、水温を除き、両者に顕著な差はみられないことも明らかになった。また、人工磯のタイドプールについても、天然磯のものと同様に、海藻の光合成の影響を受けていることがわかった。

c) タイドプールにおける付着動物の多様性

天然磯の波食溝に形成されたタイドプールでは、干潮時においても海水を湛えていたり、湿潤状態を保っているため、その周辺とは異なる特殊な生物相を有している。したがって、ここでは天然磯におけるタイドプールのもつ特性と、そこに生息する動物の多様性との関係について検討する。なお、各タイドプールの特性については、表-3.5に示したとおりである。

図-3.32は、各タイドプールにおける多様度指数と護岸からの距離との関係を季節ごとに回帰分析したものである。なお、これらの図(a)、(b)、(c)および(d)は、95年5月から97年1月の期間に調査を行った春季(5月)、夏季(7月)、秋季(10

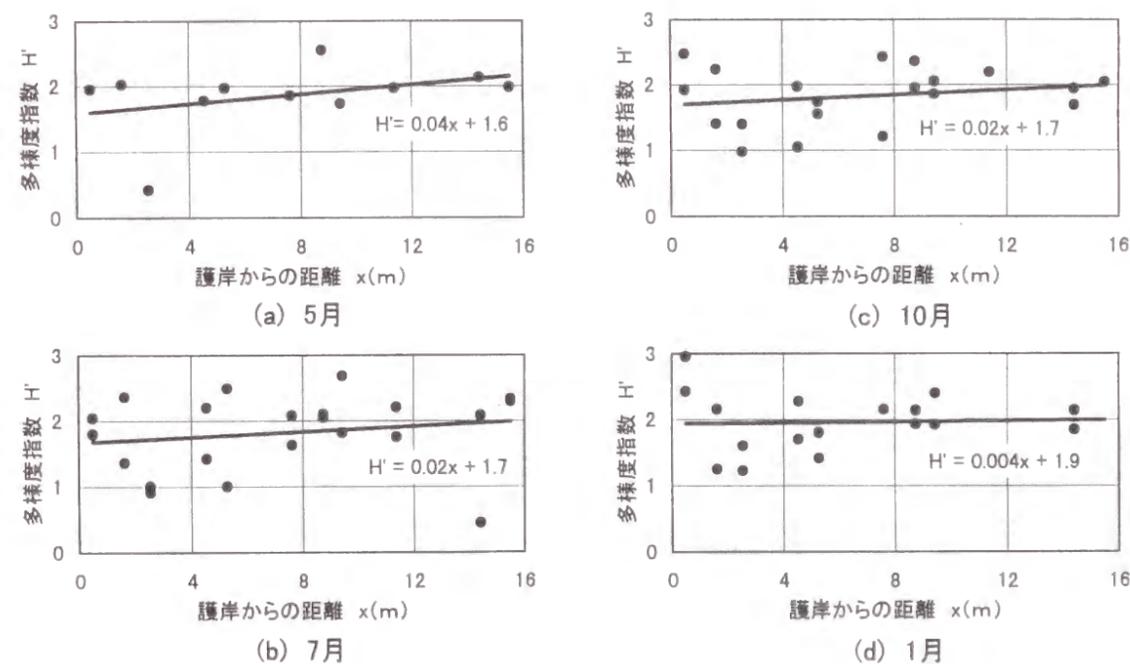


図-3.32 タイドプールにおける多様度指数と護岸からの距離との関係

月) および冬季(1月) についてのものであり、以後に示す図-3.33~37についても同様である。また、護岸からの距離とは、護岸法線に対して垂直になるように測定した、各タイドプールまでの水平距離である。これによると、いずれの季節においても、その回帰直線は、若干ではあるが右上がりの傾向を示している。すなわち、沖側に位置するタイドプールほど、その多様度指数は大きくなるようである。この原因については、天然磯では波食溝が形成されており、海浜断面が正逆勾配となっているところもあるものの、その勾配は1/20と比較的急勾配であることから、岸側に位置するタイドプールほど、干潮時における海水からの干出時間が長くなり、生物にとって厳しい環境になるためと考えられる。また、このことは、干潮時における潮位がもっとも高く、海水からの干出時間が短い冬季において、回帰直線の傾きがもっとも小さいことからわかる。

図-3.33は、各タイドプールにおける多様度指数と潮位基準面からの標高との関係について季節ごとに回帰分析したものである。これによると、いずれの季節においても、その回帰直線は右下がりの傾向を示している。すなわち、潮位基準面からの高さが低いタイドプールほど、多様度指数は大きくなることがわかる。この原因

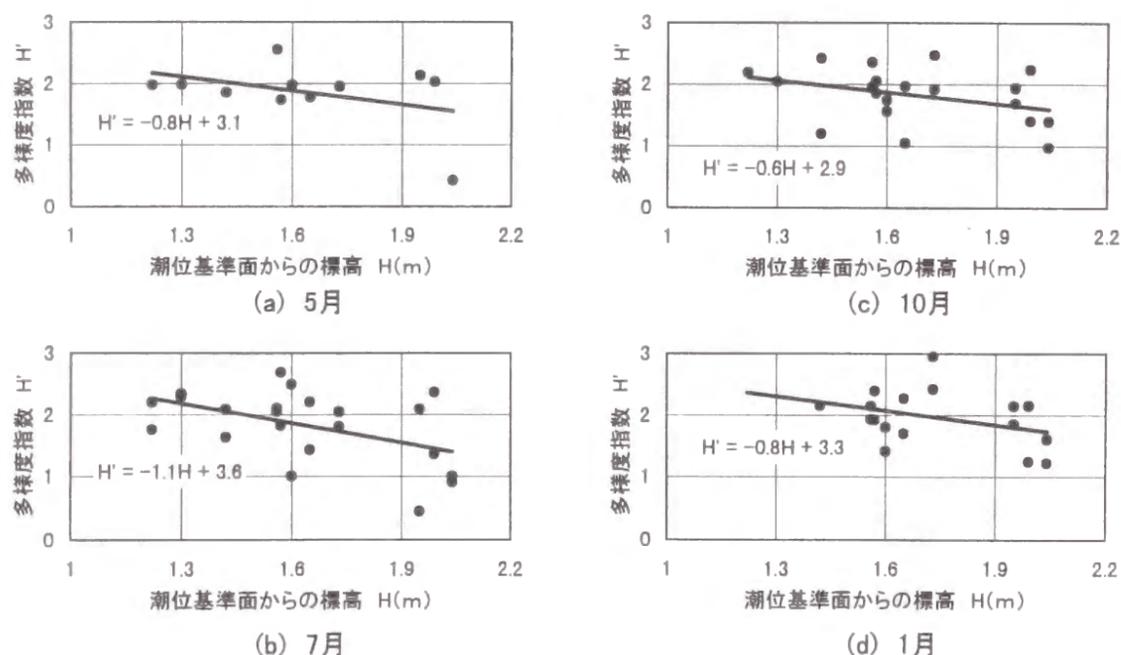


図-3.33 タイドプールにおける多様度指数と標高との関係

については、標高の高い位置に存在するタイドプールほど、干潮時における海水からの干出時間が長くなり、生物にとって厳しい環境となるためと考えられる。また、このことは、干潮時の潮位が低く、気温がもっとも高くなる夏季において、回帰直線の傾きが大きいことからわかる。

図-3.34は、各タイドプールにおける多様度指数と表面積との関係について季節ごとに回帰分析したものである。これによると、いずれの季節においても、その回帰直線は右上がりの傾向を示している。すなわち、表面積が大きいタイドプールほど、多様度指数は大きくなるようである。これについては、表面積の大きいタイドプールほど、多様な環境条件を備えている可能性が高いことや大気との接触面が大きいため、タイドプール内の水質に何らかの影響が及ぶものと考えられる。しかし、これらは、表面積が 1m^2 以下の類似したものだけによる結果であるため、今後さらに種々の表面積のものについて検討していく必要がある。

図-3.35は、各タイドプールにおける多様度指数と最大水深との関係について季節ごとに回帰分析したものである。これによると、ほとんどの季節において、水深が10cm程度のタイドプールが多く、そのときの多様度指数にはかなりのばらつきがみられるが、その回帰直線はいずれも右上がりの傾向を示しており、タイドプールの水深が大きいものほど、多様度指数も大きくなるようである。しかしながら、これについても、前述の表面積と同様に、水深の類似したものが多いため、今後さらに種々の水深のものを対象として検討していく必要がある。

図-3.36は、各タイドプールにおける多様度指数と海藻の被度との関係について季節ごとに回帰分析したものである。海藻は、前述したように、水質との関連性があるとともに、草食動物の餌にもなる。また、波浪の直接的な影響を和らげるだけでなく、捕食者の目から逃れられるよい隠れ家にもなる。したがって、このような役割をもつ海藻の被度が高くなれば、当然ながら多くの動物が集まり、多様度指数は大きくなるものと推測される。しかし、その回帰直線は、夏季や秋季においてやや右上がりとなる傾向を示しているものの、その被度が50%以下のものはデータにばらつきがみられ、さらに被度が0%のタイドプールにおいても、多様度指数は比較的大きい値を示していることから、直接的な関係はあまりないようである。

図-3.37は、各タイドプールにおける多様度指数とタイドプールの底面の状態との関係について季節ごとに回帰分析したものである。なお、ここでの底面の状態に関する表現に際しては、タイドプールの底面に存在する転石の被度とその粒径範囲

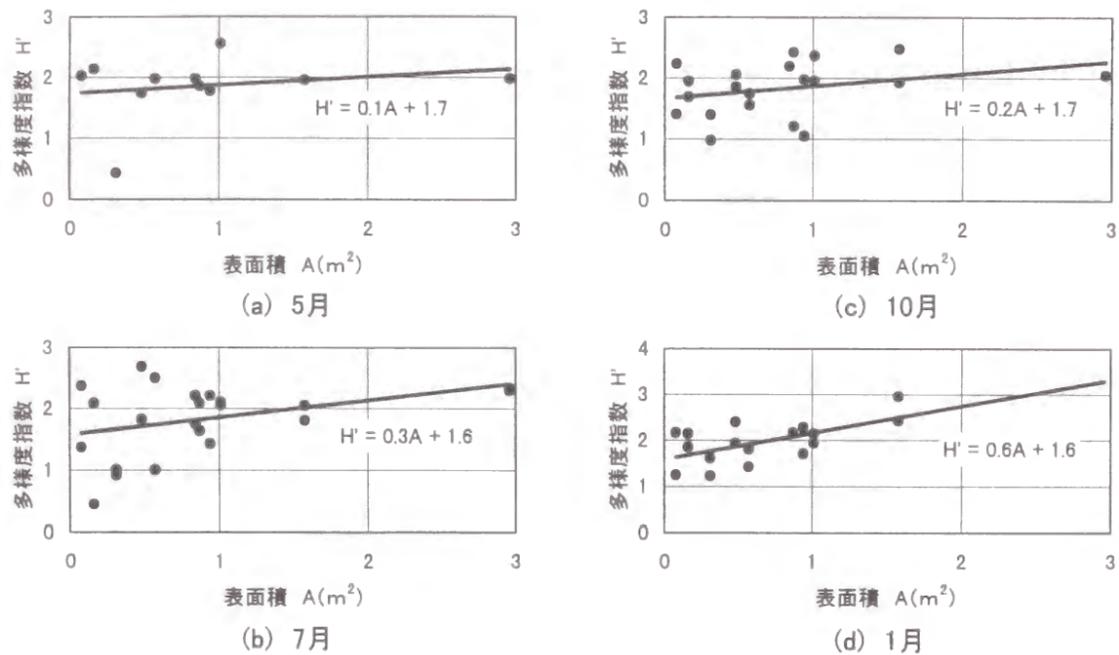


図-3.34 タイドプールにおける多様度指数と表面積との関係

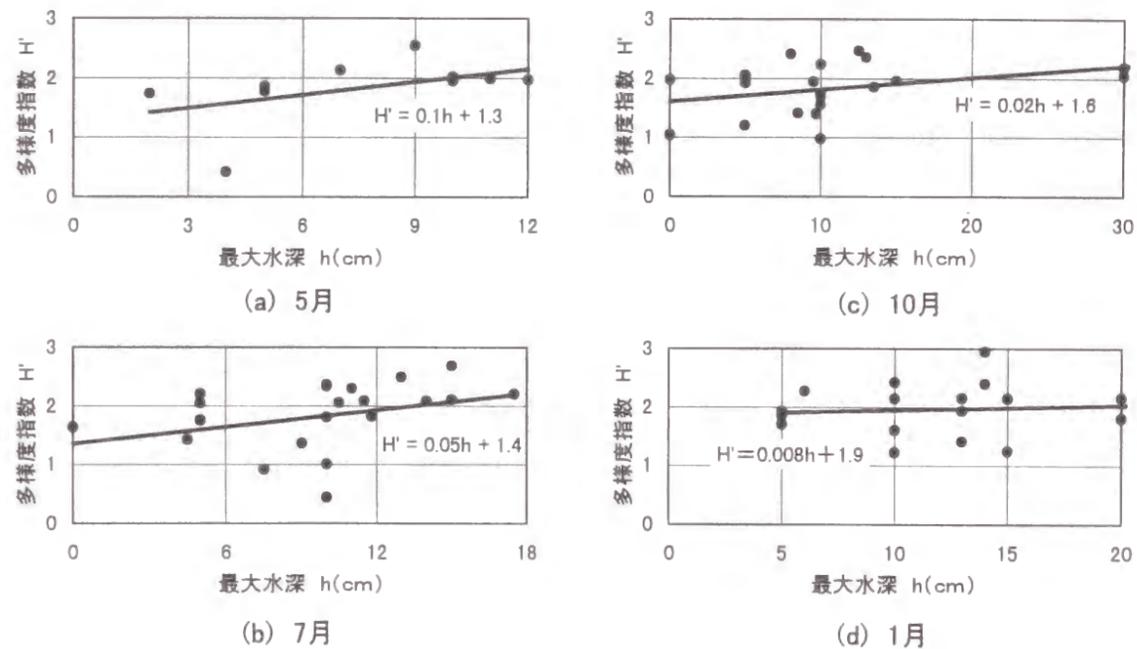


図-3.35 タイドプールにおける多様度指数と最大水深との関係

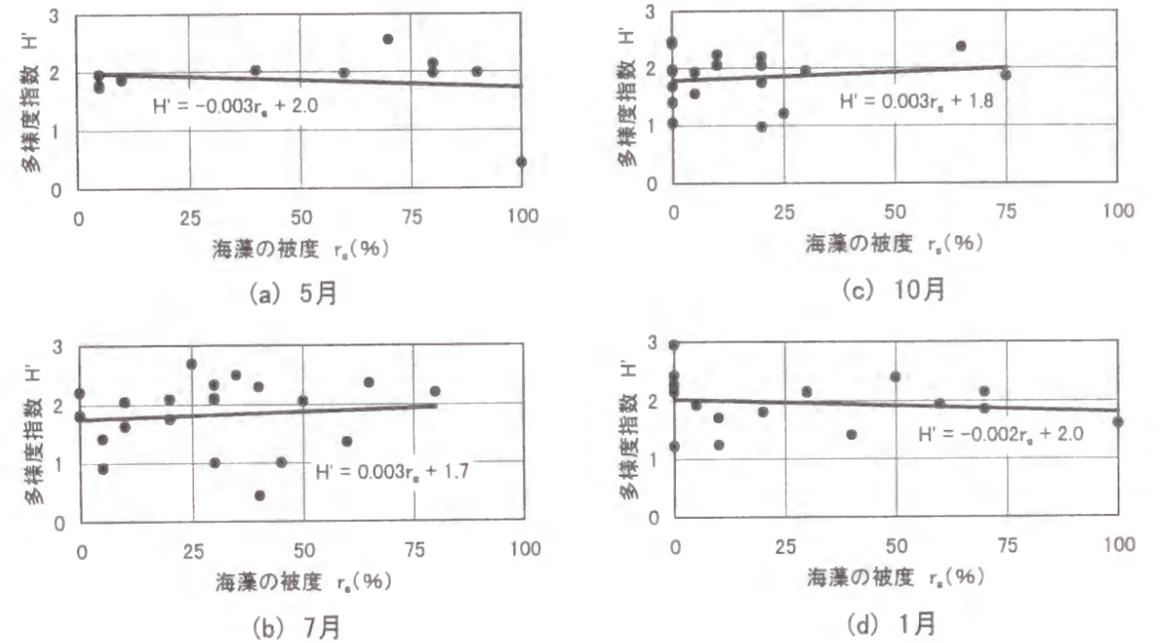


図-3.36 タイドプールにおける多様度指数と海藻の被度との関係

をそれぞれ無次元化するために、表-3.6に示した点数に置き換え、その合計を評価点数とした。これによると、春季を除き、いずれの季節においても、底面の状態に関する評価点数が大きいほど、多様度指数は大きくなることがわかる。この原因については、大小さまざまな転石が存在することによって、草食動物の餌となる微小藻類や藻類が多く付着するだけでなく、それらは波浪や日射の直接的な影響を和らげ、捕食者の目から逃れられるよい隠れ家となるためと考えられる。また、このことは、干潮時における海水からの干出時間が長いうえに気温がもっとも高い夏季に回帰直線の傾きがもっとも大きくなることから確認できる。春季については、逆の傾向を示しているが、これは95年5月のみの調査結果であり、そのデータ数も少なくばらついているため、今後さらに調査を行い、検討していく必要がある。

以上、天然磯におけるタイドプールの特性とそこに生息する動物の多様性について検討を行ってきた。その結果、タイドプールの水質、護岸からの距離、標高、表面積、水深、海藻の被度および底面の状態と付着動物の多様度指数との関係について、その一つ一つの要因がタイドプール内における付着動物の多様性に何らかの影響を及ぼしていることを明らかにすることができた。また一方で、各タイドプール

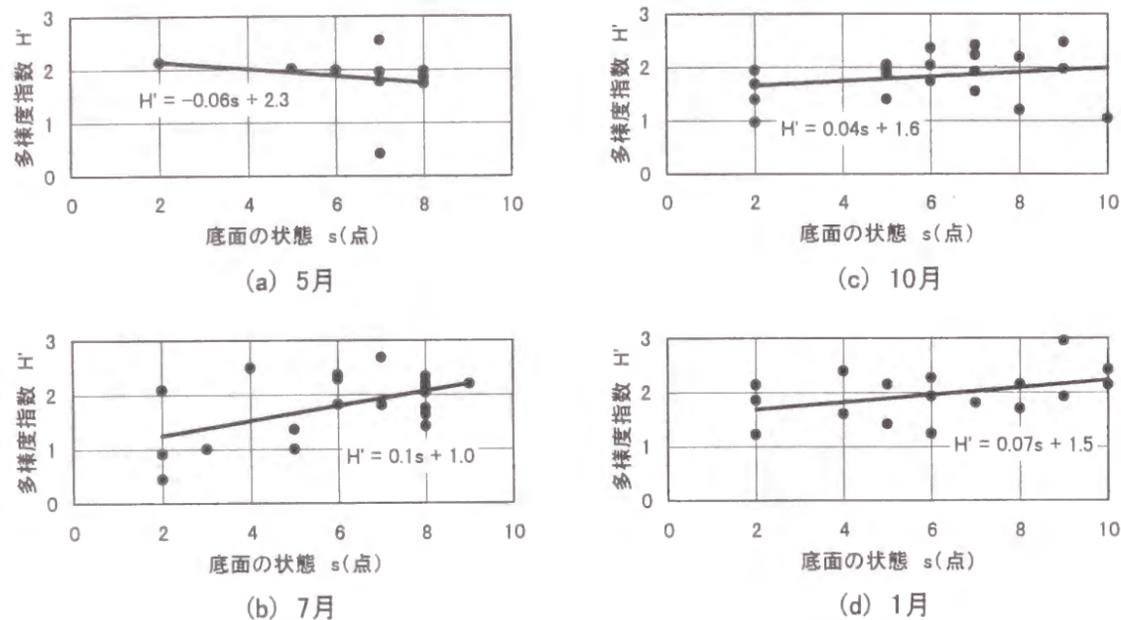


図-3.37 タイドプールにおける多様度指数と底面の状態との関係

表-3.6 底面の状態に関する評価点数

転石の被度 (%)	点数	粒径 (cm)	点数
0 ~ 20	1	1 以下	1
21 ~ 40	2	2 ~ 5	2
41 ~ 60	3	6 ~ 10	3
61 ~ 80	4	11 ~ 15	4
81 ~ 100	5	16 ~ 20	5

の自然環境要因を個々に取り上げ、その影響だけで検討することがむずかしいことも明らかになった。そこで、タイドプールにおける自然環境要因がそれぞれ独立したパラメータであるのか、また何らかの関連性をもつのかなど、要因間の相互関係について検討してみた。その一例が、図-3.38に示した護岸からの距離と潮位基準面からの標高との関係である。これによると、タイドプールの位置が護岸から離れるほど、その標高は低くなる傾向がみられ、これら二つの要因は関連性が強いことがわかる。したがって、これ以後は潮位基準面からの標高を用いて検討する。

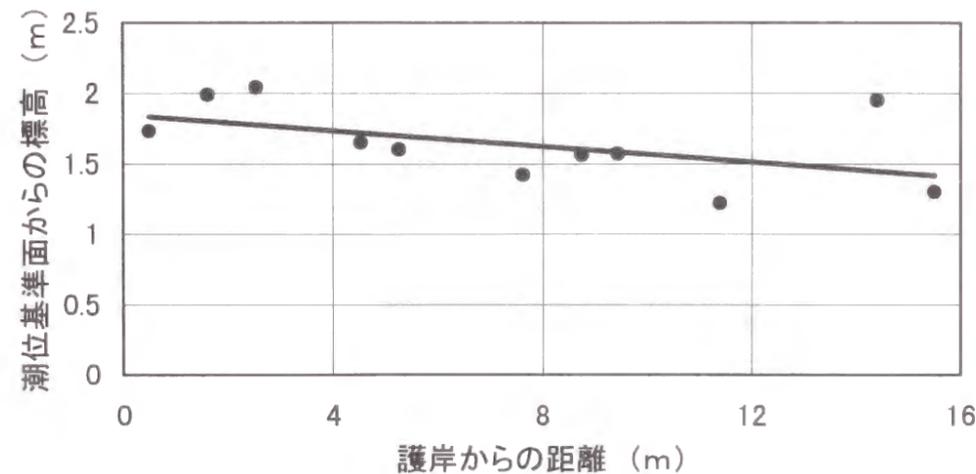


図-3.38 護岸からの距離と潮位基準面からの標高との関係

図-3.34および35で検討を行った表面積と最大水深については、前述したように、いずれもあまり大きな違いがなく、それらの値は類似したものが多い。したがって、付着動物の多様性との明瞭な関係はみられなかった。そこで、天然磯におけるタイドプールは、実際には複雑な形状をしているものであるが、ここではその表面積と最大水深を乗じたものをタイドプールに貯留している海水の容積と仮定し、以後の検討に用いる。

海藻の被度については、図-3.36に示したように、本研究で調査対象としたタイドプールにおいては、付着動物の多様性との関係がほとんどみられなかったため、以後の検討は省略する。

底面の状態については、これまで取り扱ってきた他の自然環境要因との関連性はないようであり、独立したパラメータであると推測される。しかし、タイドプールにおける付着動物の多様性には何らかの影響を与えているものと考えられるため、以後も検討対象とした。

天然磯におけるタイドプールは、形成されている場所によって、二つに大別される。その一つは、波食溝の段差部に存在するタイドプールT5、T6、T7、T8、T9、T11であり、いま一つは、岩盤の窪みに存在するタイドプールT1、T2、T3、T4、T10である。なお、これらの特徴については、前者の波食溝の段差部に存在するタイドプールは、その側面には岩陰や岩の窪みなどの凹凸があり、割れ目も多く存在して

いる。また、波食溝にあるため潮位によっては海水流動が生じる場合もあり、その閉鎖性は弱い。これに対し、後者の岩盤の窪みに存在するタイドプールは、その側面には凹凸もなく平滑なものがほとんどである。また、波食溝に存在するものに比べると、非常に閉鎖性が強い。

以上のことを考慮して、ここでは、前述したようなタイドプールにおける性状の違いが、そこにおける付着動物の多様性に及ぼす影響を検討する。なお、春季のものについては、95年5月のみのデータしかないため、ここでは対象外とした。

図-3.39は、タイドプールにおける多様度指数と潮位基準面からの標高との関係を、波食溝および岩盤の窪みに存在するものに分けて示したものである。なお、図(a)、(b)および(c)は、それぞれ95年7月から97年1月の期間に調査を行った夏季(7月)、秋季(10月)および冬季(1月)のものであり、以後に示す図-3.40および41

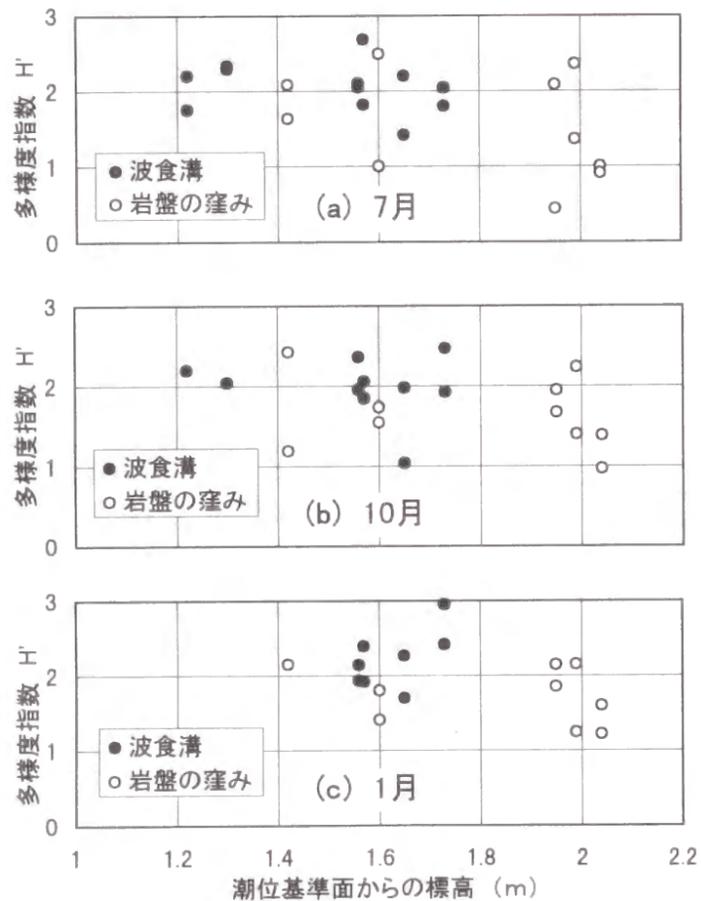


図-3.39 タイドプールの性状ごとの多様度指数と標高との関係

についてもこれと同様である。

これらによると、ほぼ同じ標高、すなわち潮位基準面から1.4~1.8mの高さに位置するタイドプールでは、いずれの季節においても、波食溝に存在するもののほうが岩盤の窪みに存在するものに比べると、多様度指数は大きくなる傾向がみられる。

図-3.40は、タイドプールにおける多様度指数とそこに貯留している海水の容積との関係を、波食溝および岩盤のものに分けて示したものである。

これらによると、ほぼ同じ容積、すなわち $2 \times 10^{-2} \sim 10 \times 10^{-2} \text{m}^3$ 以下のタイドプールについては、いずれの季節においても、波食溝に存在するもののほうが岩盤の窪みに存在するものより、多様度指数は全般的に大きくなる傾向を示している。

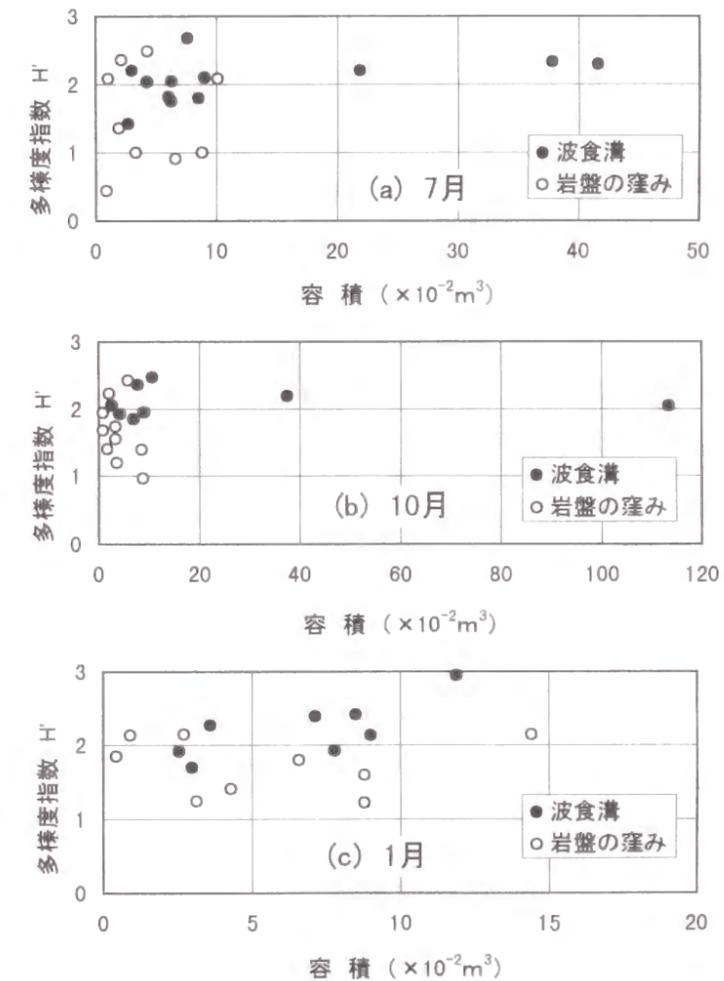


図-3.40 タイドプールの性状ごとの多様度指数と容積との関係

図-3.41は、タイドプールにおける多様度指数とその底面の状態との関係を、波食溝および岩盤の窪みに存在するものに分けて示したものである。なお、ほぼ同じ底面の状態に置かれているタイドプールは季節によって異なるため、その評価点数を夏季においては6~8点、秋季においては5~8点、冬季においては4~8点の範囲にあるものと定義した。

これらによると、夏季のものには明瞭な傾向がみられないものの、秋季および冬季においては、波食溝に存在するタイドプールのほうが岩盤の窪みに存在するものより、一般的に多様度指数は大きくなる傾向がみられる。

以上のことから、タイドプールにおける付着動物の多様性に影響を及ぼすと考えられる自然環境要因がそれぞれほぼ同じ場合、その性状による影響が現れることがわかった。すなわち、波食溝の段差部に存在するタイドプールは、側面の形状が複

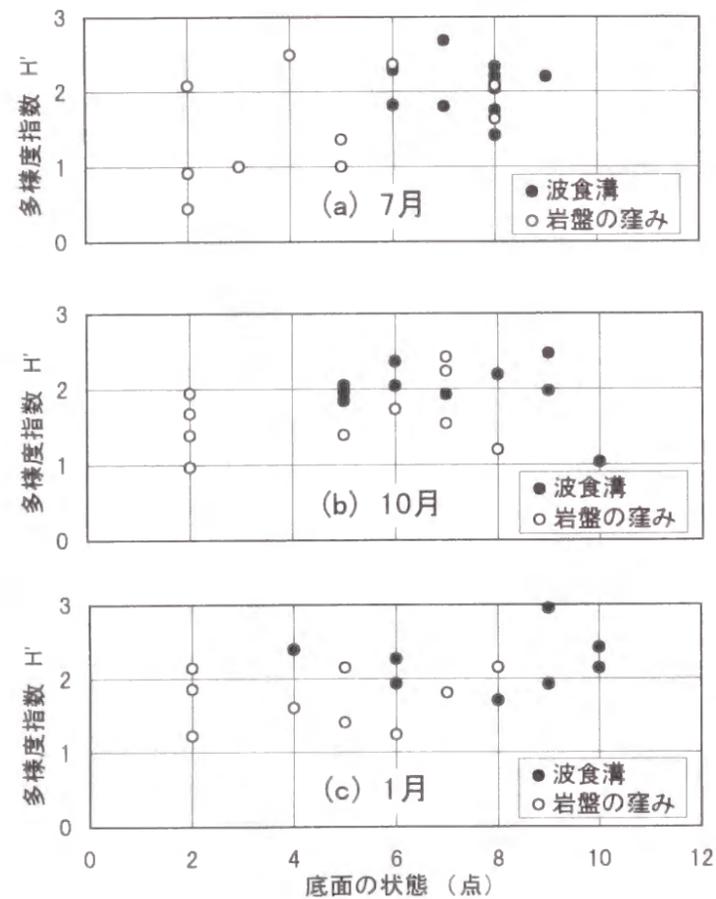


図-3.40 タイドプールの性状ごとの多様度指数と底面の状態との関係

雑であるため、日射や波浪から付着動物が身を守ることができ、さらに閉鎖性も弱いいため、多種多様な動物の生息に適した環境を有しているといえる。これに対して、岩盤の窪みに存在するタイドプールは、人工磯のケーソン型タイドプールと同様に、その側面は凹凸もなく非常に単純であるため、日射や波浪から身を守るための場所がなく、閉鎖性も前者のものとは比べ強くなっており、動物にとってかなり厳しい環境であることが明らかになった。

d) 天然磯と人工磯におけるタイドプールの比較

ここでは、前述したように、表面積や水深などかなり異なる特徴を有している天然磯と人工磯におけるタイドプールについて、その水質や付着動物相に関する比較検討を行う。

調査対象とした人工磯のコンクリートケーソン型タイドプール④は、人工磯のタイドプールのなかではもっとも小さいものであるが、一辺が5.0mの正方形で水深も1.0mと天然磯のものに比べるとかなり大きい。しかし、3.5.4で述べたように、天然磯と人工磯のタイドプール内の水質を比較した結果は、水温を除き、両者に顕著な差はみられない。また、pHとDOについては、人工磯のタイドプールについても、天然磯のものと同様に、海藻の光合成による影響を受けている。

つぎに付着動物相については、天然磯と人工磯のタイドプールにおいて確認された動物種の比較検討を行う。図-3.42は、天然磯と人工磯のタイドプールにおける確認種数を、生物学的な分類ごとに示したものである。なお、これらの図(a)、(b)、(c)および(d)は、それぞれ96年5月、7月、10月および97年1月におけるものであり、これにより季節変化が検討できるようにした。

これらによると、天然磯と人工磯のタイドプールにおいて確認された動物の総種数は、いずれの磯のものにも、明瞭な季節変化はみられず、1年を通してほぼ一定の値を示している。しかしながら、両磯での総種数を比較してみると、天然磯のタイドプールでは約20種、人工磯のものでは約10種となっており、いずれの季節も人工磯のタイドプールでは、天然磯のもの約半分しか付着動物が確認されていない。また、天然磯と人工磯のタイドプールにおいて、確認された動物の種類については、天然磯では、いずれの季節においても、図中に示した4種類の動物が確認されている。しかし、人工磯のものでは、夏季においてはすべての種類が確認されているが、秋季には刺胞動物が、春・冬季には刺胞および海綿動物がそれぞれ確認されておら

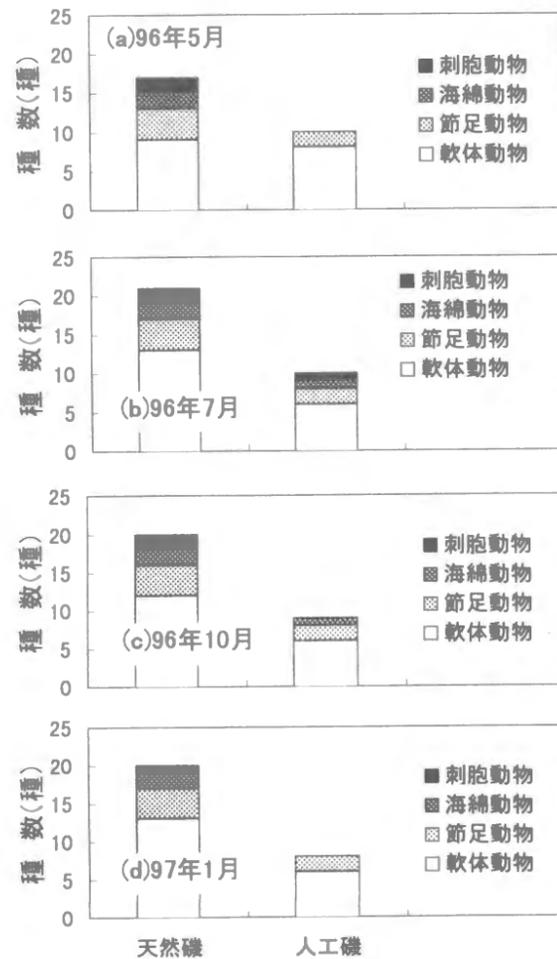


図-3.42 天然磯と人工磯のタイドプールにおける確認種数

ず、減少する傾向がみられ、季節の影響を受けていることがわかる。この原因については、天然磯と人工磯におけるタイドプールの形状の違いによるものと考えられる。すなわち、人工磯におけるタイドプールは、かなり閉鎖的で水深が大きいうえに、その側面は垂直で形状も単純であるため底面に近づくほど日照量は減少していくものと思われ、動物にとって厳しい環境にあるものといえる。一方、天然磯のタイドプールは、その水深も小さく、また側面の形状が複雑であるため、多くの動物に対応できる多様な環境要因を保持しているものといえよう。さらに、両磯において確認された動物の種類について詳細にみると、軟体および節足動物は、1年を通じて、両磯のタイドプールにおいて確認されているのに対し、イソギンチャク類などの刺胞動物は、人工磯では夏季に確認されているだけであり、ほとんど確認され

ていない。これについても、タイドプールの形状、そのなかでも特に、底側面の状態が大きく影響しているものと考えられる。すなわち、刺胞動物は天然磯のタイドプールで見られるような側面の凹凸や窪み、転石の存在する場所を好んで生息するため、そうした形状をもたない人工磯のタイドプールは、刺胞動物にとって、あまり適した環境でないものといえる。また、海綿動物は、両磯で確認されているが、人工磯では、夏季および秋季に確認されただけであった。これについても、前述の刺胞動物と同様な理由によるものであろう。

以上、天然磯と人工磯のタイドプールにおける動物相については、生息している動物の総種数は、人工磯では天然磯のもの約半分しか確認されておらず、まだまだ貧弱であることがわかった。また、動物の種類については、人工磯のタイドプールでは、天然磯のものに比べると偏っており、なおかつ季節の影響を受けることが明らかになった。なお、今後も両磯において同様の調査を継続して行い、人工磯が年月を経ることによってほぼ同じ海域にある天然磯のものと同じ生物相を示すようになるかどうか、またその経過時間の影響についても明らかにする必要がある。

3.5.5 磯浜における波当たりと付着動物の多様性との関係

これまで磯浜における様々な地形と付着動物の多様性との関係について検討を行い、付着動物の分布には磯浜の波食溝の段差部やそこに形成されるタイドプールの影響が大きいことを明らかにしてきた。また、付着動物の分布にはそれらの要因に加えて波当たりの影響も大きいことが知られている。しかしながら、磯浜における波当たりの強弱を定量的に表現することは難しく、またその値と付着動物の多様性との関係を検討したものはほとんどない。そこで、ここでは波当たりの定量的な表現に、石膏球法^{32,33)}による海水流動値を用い、それと付着動物の多様性との関係を検討する。なお、石膏球法による海水流動値とは、石膏球を海水中に2時間設置しておき、その間の減少割合(設置後の減少重量/設置前の乾燥重量)から波当たりなど海水流動の強弱を、定常流の流速に換算したものであり、流速への換算は実験により求めた次式を用いた。

$$V = (X - 0.05T + 1.08) / 0.33 \quad (3.2)$$

ここに、 X ：石膏球の減少割合（%）、 V ：流速（cm/s）、 T ：水温（℃）である。

まず、図-3.43に示すように人工磯の一部になっている突堤周辺に高さが等しい測点を11箇所設け、そこでの付着動物の種数、個体数を調べることによって付着動物の平面分布を求めた。なお、海水流動値は、11測点のうちZ1、Z3、Z5、Z6、Z7およびZ10の6箇所測定した。また、特に測点Z6、Z7およびZ10においては、辺長が50cmの正方形ブロックを斜面に沿って設け、平面分布と同様の調査を行い、付着動物の垂直分布を求めた。さらに、付着動物の生息限界高さを明らかにするため、11測点のすべてについて、もっとも高い位置に生息している付着動物の種とその高さを測定した。なお、垂直分布に関する調査は92年9月から97年1月までの間に23回、平面分布と生息限界高さに関する調査は97年6月から12月までの間に4回、また、石膏球法による海水流動値の測定は、97年10月、12月、98年9月、10月および12月の5回行った。

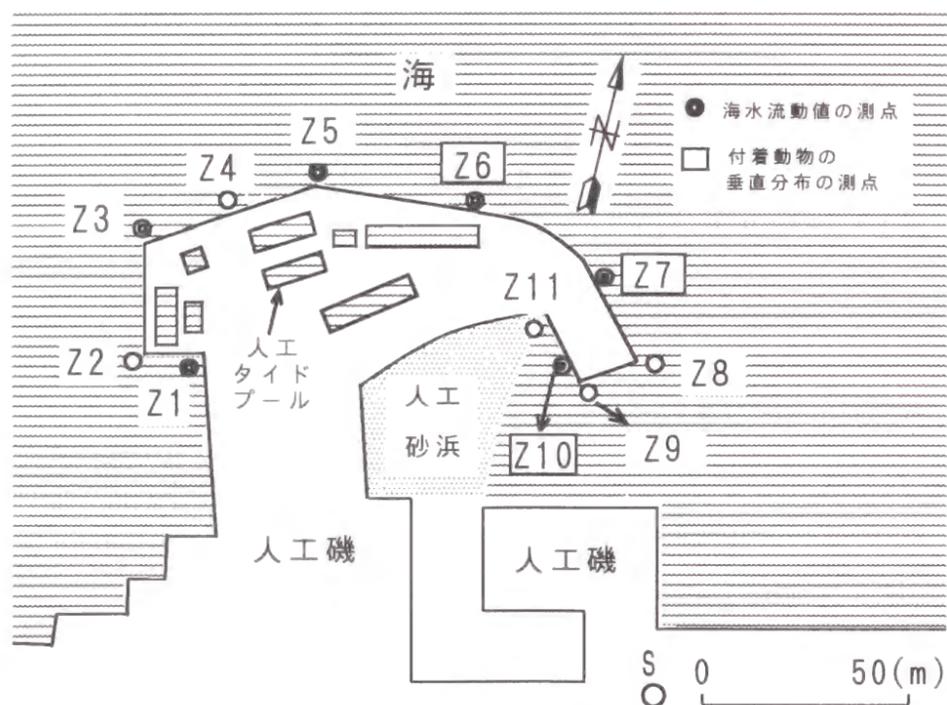


図-3.43 海水流動値の測点

a) 人工磯における海水流動値

図-3.44には、石膏球法による海水流動値の測定結果を調査日ごとに示した。これによると、97年12月のZ7における海水流動値は他のものに比べてきわめて大きい値となっている。これは、その他のものはいずれも3~4個の石膏球のデータから算出したものであるが、97年12月の測点Z7では波当たりが強く、測定中に石膏球が割れてしまい、わずか1個のデータから算出したためである。したがって、その信頼性は他のものに比べると低い。しかし、いずれの調査日の結果でも、突堤の沖側にある測点Z3、Z5、Z6およびZ7での海水流動値は、突堤の岸側の測点Z1やZ10でのものに比べると、かなり大きい。また、突堤の沖側と岸側にあるものの平均値を算出すると、突堤の沖側では約31~49cm/sであるのに対し、岸側では約7~19cm/sである。すなわち、突堤の沖側にある測点での海水流動値は、突堤の岸側のものの約2~7倍にもなる。

以上のことから、人工磯の各測点における海水流動は、突堤の沖側と岸側でかなり異なっており、地形的な影響が大きいことがわかった。

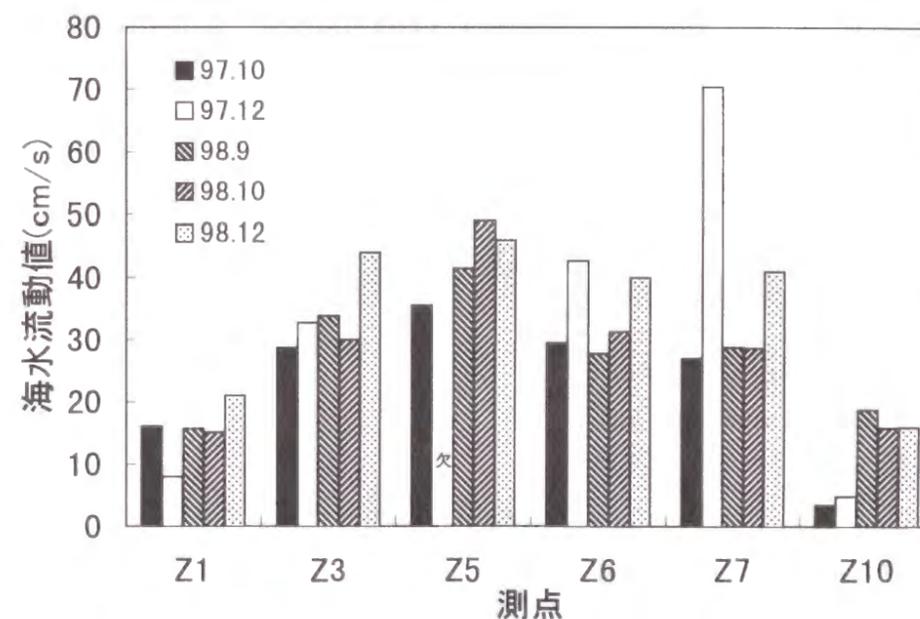


図-3.44 各測点における海水流動値

b) 付着動物の平面分布と海水流動値との関係

図-3.45には、各測点における海水流動値と多様度指数との関係を示したものであり、図(a)は97年10月3日、図(b)は97年12月3日のものである。

まず、図(a)に示した10月3日の結果によると、多様度指数は海水流動値のもっとも小さい測点Z10で最小値を示し、ついで海水流動値のもっとも大きい測点Z5のものが小さくなっている。また、この傾向は図(b)に示した12月3日の測点Z7とZ10のものについても同様である。このことから、多様度指数については、海水流動が大きすぎても小さすぎてもその値は小さくなることがわかる。

さらに、10月3日の結果で、ほぼ同じ海水流動値を示した測点Z3とZ6について詳しくみると、多様度指数は、測点Z3でのもののほうが測点Z6のものより大きくなっている。このように、海水流動値がほぼ同じであるにもかかわらず、これらの2測点での多様度指数が異なる原因としては、これらの測点の地形の違いが考えられる。すなわち、人工磯の法線形状において、測点Z3はその隅角部に位置しているが、測点Z6は直線部に位置している。したがって、海水流動値はほぼ同じであっても波向きや飛沫の状態など実際の波当たりが異なっているためと考えられる。

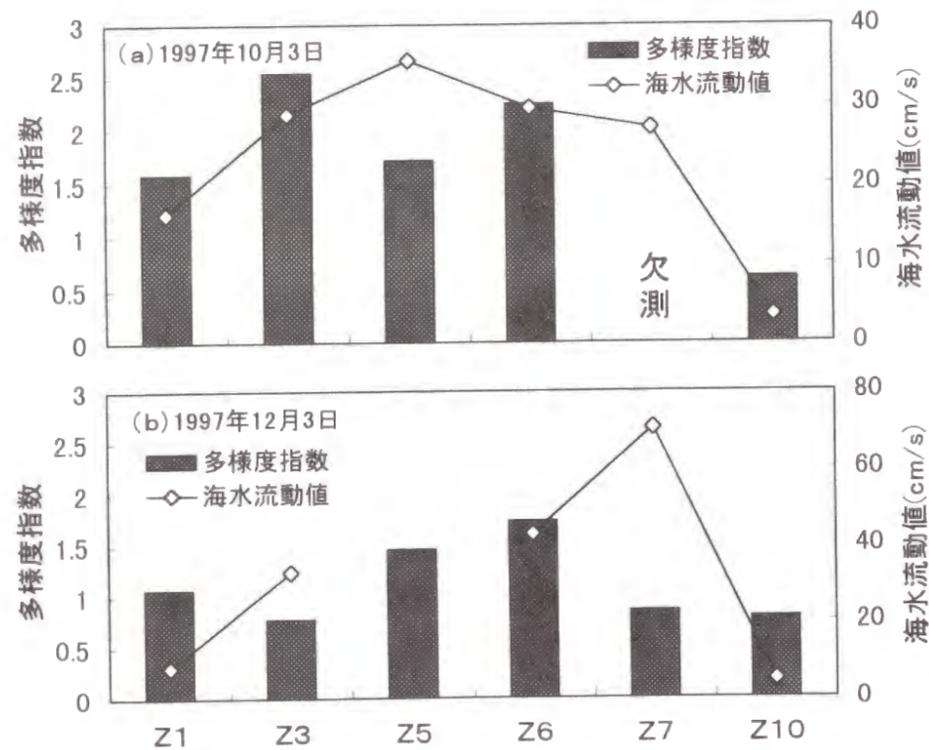


図-3.45 海水流動値と多様度指数との関係

図-3.46には、無次元海水流動値と多様度指数との関係を示した。なお、無次元海水流動値とは、いずれの調査日も測点Z6のもので除して無次元化したものである。これによると、多様度指数は無次元海水流動値が1で最大値を示し、それが0に近づくか、もしくは1より大きくなると小さくなる傾向がみられる。このことから、多様度指数は、ある海水流動値で最大値を示し、それが大きすぎても小さすぎても優占種が存在するようになり、小さくなることがわかる。

つぎに、各測点において確認された付着動物について詳細に検討するため、各測点で確認された付着動物を表-3.9に示した生物学的分類の科ごとに区別した。

図-3.47(a)~(f)には、それぞれ97年8月から98年12月までに行った6回の調査日に

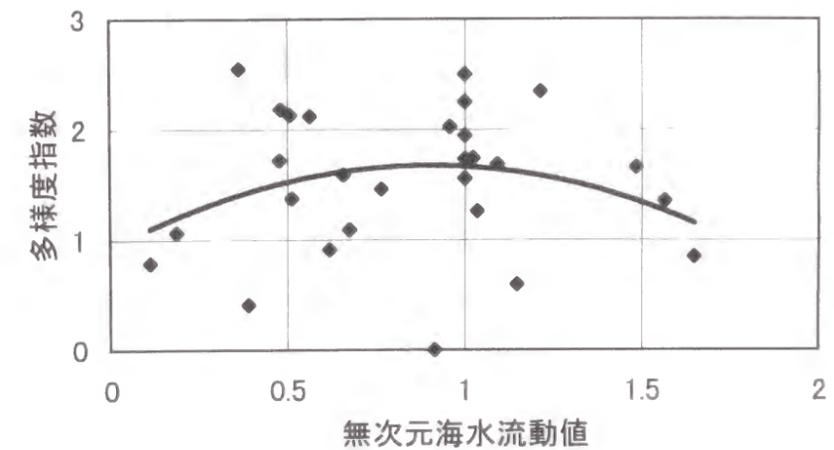


図-3.46 無次元海水流動値と多様度指数との関係

表-3.9 主な付着動物の分類

科	類	記号 (図-3.47)
ツタノハガイ科	マツバガイ ヨメガガサガイ	■
ニシキウズガイ科	イシダタミ コシダカガンガラ	☐
アクキガイ科	イボニシ	▣
ヒザラガイ科	ヒザラガイ	▤
ユキノカサガイ科	アオガイ ウノアシ コガモガイ	□
コウダカカラマツ科	カラマツガイ	▥
タマキビガイ科	タマキビガイ	▧

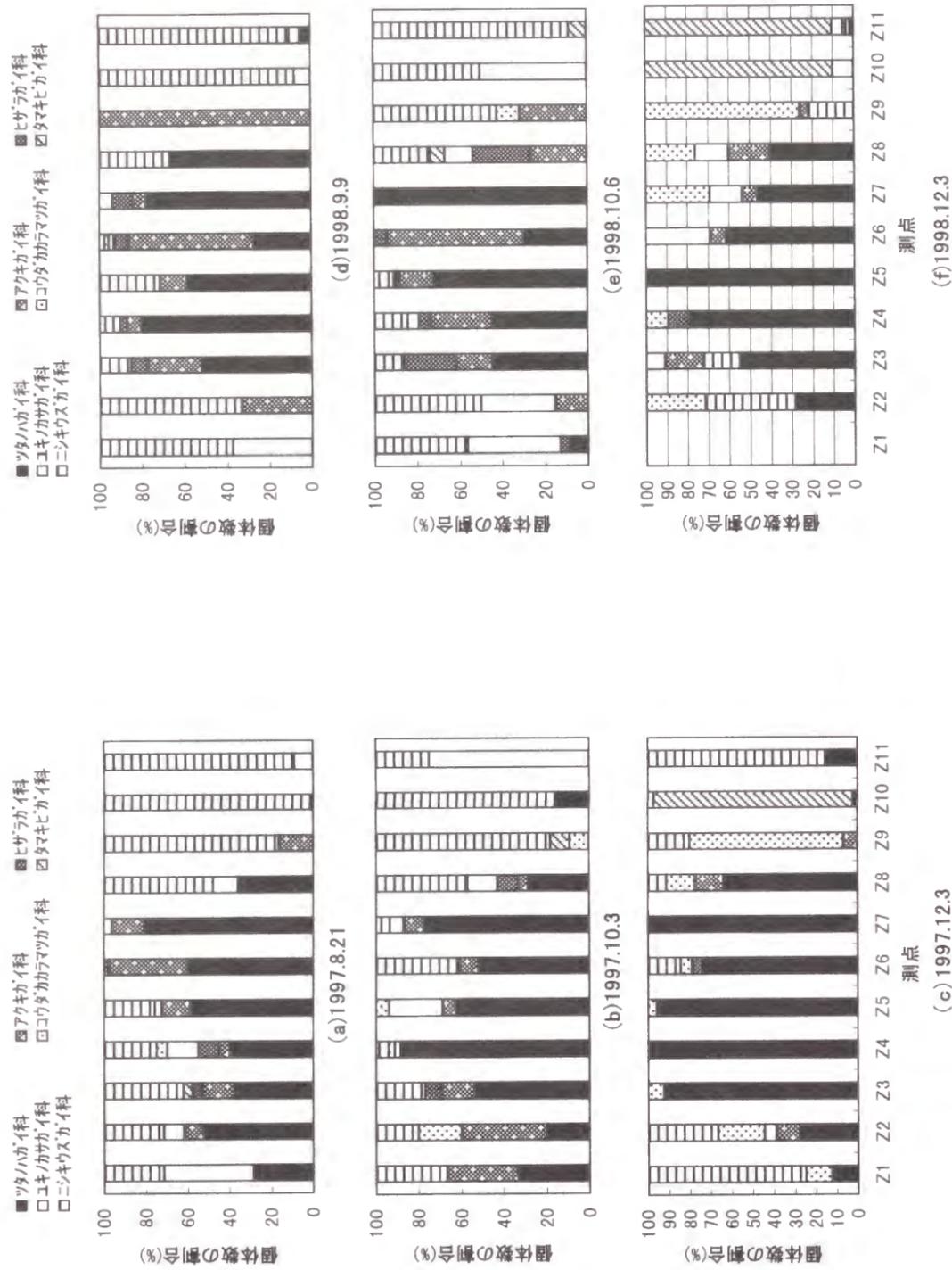


図-3.47 各測点における付着動物の個体数の割合

おける付着動物の個体数の割合を示した。これらによると、いずれの調査日も、突堤の沖側にあり海水流動値の大きい測点Z3~Z8では、ツタノハガイ科のものが多く生息し、ほとんどの測点で30%以上を占めている。特に、97年12月のZ4とZ7、98年10月のZ7および12月のZ5においては、すべてツタノハガイ科のもので占められている。一方、突堤の岸側にあり海水流動値の小さい測点Z1、Z2およびZ9~Z11では、ニシキウスガイ科やタマキビガイ科のものが多く生息している。

図-3.48には、各測点における動物の個体数の割合とそこにおける無次元海水流動値との関係を示した。これによると、無次元海水流動値の1.0を中心として、0.5から1.5までの範囲に多種多様な付着動物が均等に生息している。また、海水流動値の非常に大きい、すなわち無次元海水流動値が1.5以上のところではツタノハガイ科に属するもの、海水流動値が極端に小さい無次元海水流動値が0.5以下のところではニシキウスガイ科に属するものの生息割合がそれぞれ多くなっている。これらの理由は、ツタノハガイ科の代表的なものは、マツバガイやヨメガガサガイであり、これらはいずれも笠貝で強い付着性を持っている³¹⁾。そのため、海水流動値の大きい突堤の沖側においても生息することができる。一方、ニシキウスガイ科に属するものは、コシダカガンガラやイシダタミガイであり、これらは巻き貝で波当た

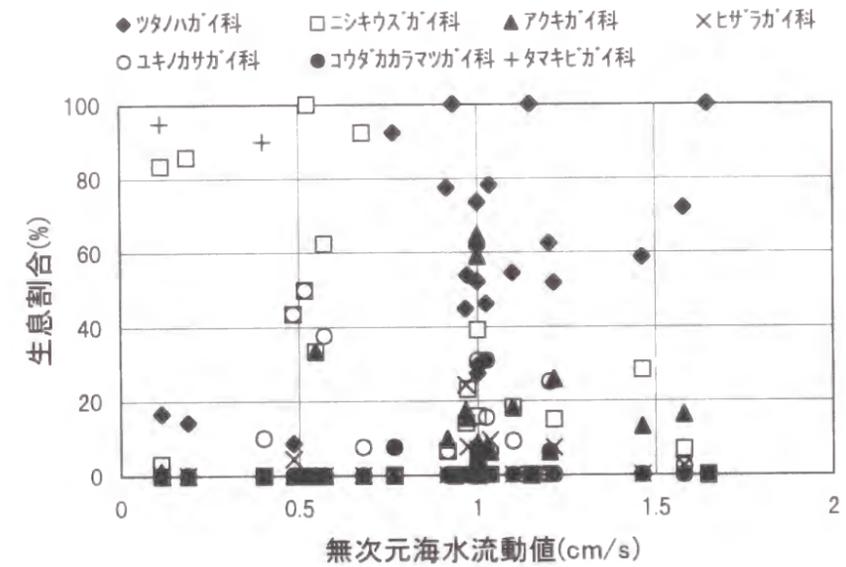


図-3.48 無次元海水流動値と付着動物の個体数の割合との関係

りに対して弱く³⁵⁾、海水流動値の小さい突堤の岸側に多く生息する。したがって、海水流動値が極端に大きかったり小さい場所では、これらが優占種となるため、そこでの多様性は低くなる。このことから、ツタノハガイ科やニシキウズガイ科の生息状況が、その場所における海水流動の強弱を判定するための一つの指標になることがわかる。

c) 付着動物の垂直分布と海水流動値との関係

図-3.49(a)、(b)および(c)には、それぞれ測点Z6、Z7およびZ10における多様度指数の垂直分布を示した。縦軸は、人工磯の斜面に設けた辺長が50cmの正方形ブロックの潮位基準面からの高さであり、図中のNo.は、最上端に設置したものをNo.1として、そこから斜面に沿って下方に番号を付した。なお、最下端のブロックがほぼ干潮汀線である。また、ここでの多様度指数は、97年8月21日、10月3日および12月3日における調査結果の平均値を用いた。これによると、突堤の沖側に位置する測点Z6とZ7での多様度指数は、高さの高いところほど大きな値を示し、低いところでは小さい。一方、突堤の岸側の測点Z10における多様度指数は、測点Z6とZ7のものとは逆に、その値は低いところのものほど大きい。この理由としては、前述した付着動物の平面分布の結果と同様のことが考えられる。すなわち、海水流動値の大きい測点Z6とZ7においては、干潮汀線に近いところでは波当たりが強いため、そこで生息できる動物はツタノハガイ科に属するものに限定されるため、多様度指数は小さくなる。一方、海水流動値が小さい測点Z10においては、干潮汀線付近でしか湿

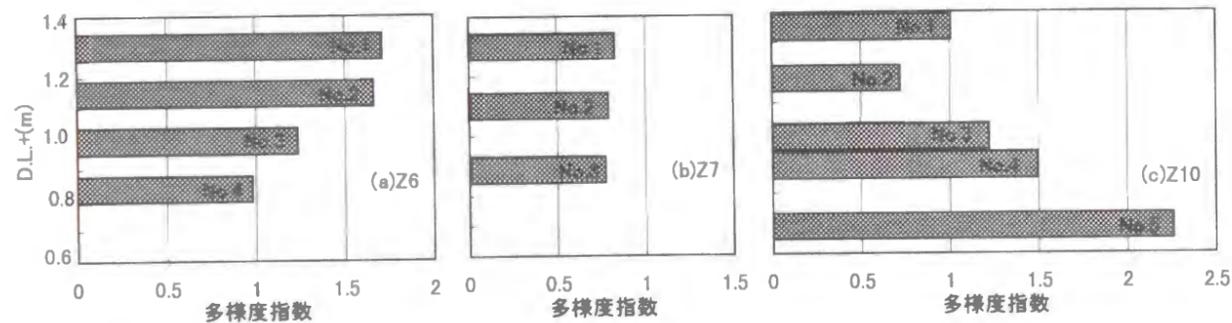


図-3.49 多様度指数の垂直分布

潤状態が保たれないため、付着動物の多様性は干潮汀線付近ほど高くなるものと考えられる。

図-3.50には、各測点における付着動物の生息限界高さを調査日ごとに示した。なお、これらの調査は、97年8月から98年12月までの間に合計6回実施した。これによると、ほとんどの調査日で、突堤の沖側にある測点Z3からZ9のものが、突堤の岸側にある測点Z1、Z2、Z10およびZ11のものより高くなっている。また、それらの全調査日の平均値は、突堤の沖側のものが約0.4m、岸側のものが約-0.1mである。すなわち、突堤の沖側での生息限界高さは、突堤の岸側に比べて約0.5m高い。季節的には、夏季から冬季にかけて高くなる。これは、夏季の海水流動値の平均値が約25cm/s、秋季のものが約23cm/s、冬季のものが約30cm/sであり、夏季に比べて冬季には、海水流動値が大きくなっている。したがって、海水流動値が大きい冬のほうが波の打ち上げなどによって高いところまで、湿潤状態が保たれるため、生息限界高さは高くなることがわかる。さらに、いずれの調査日においても、Z5の生息限界高さが最大値を示している。これは、図-3.44からもわかるように、Z5の海水流動値がすべての測点のなかでもっとも大きいためであろう。

図-3.51は、生息限界高さと海水流動値との関係を示したものであり、図中の直

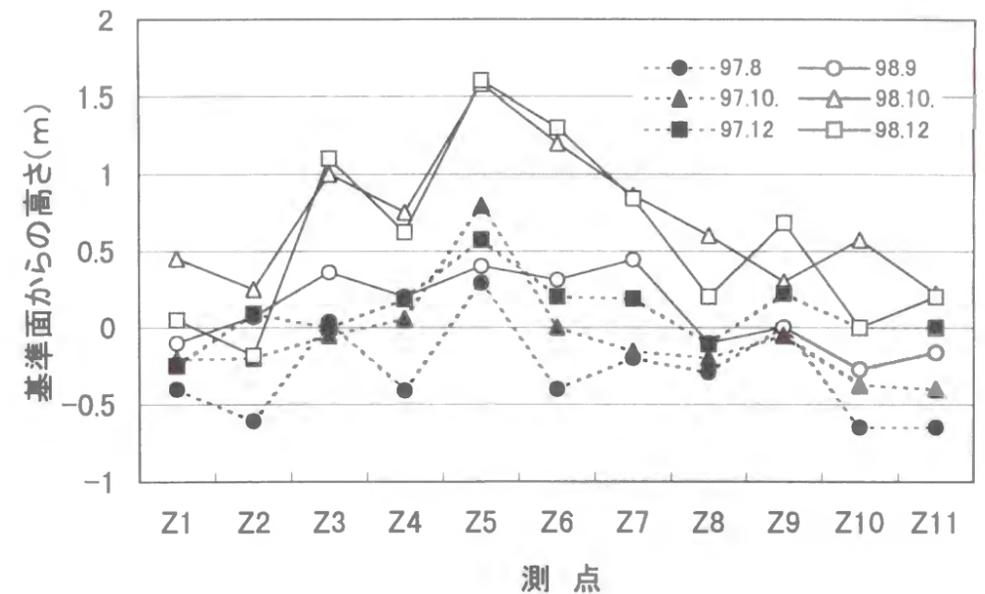


図-3.50 各測点における付着動物の生息限界高さ

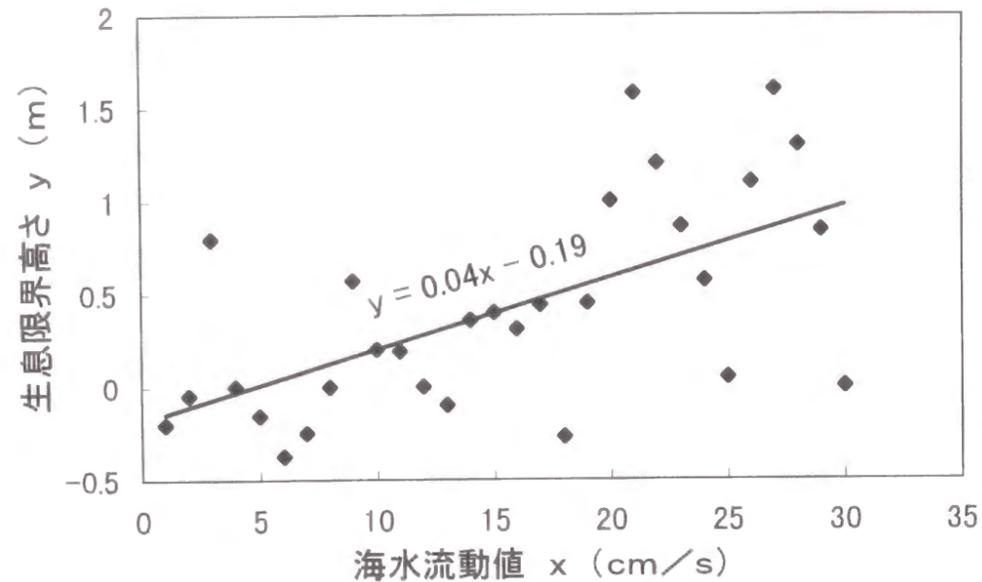


図-3.51 生息限界高さ と海水流動値 との関係

線は単回帰分析の結果である。これらによると、いずれの調査日においても、海水流動値が大きいほど、生息限界高さも高くなる傾向が明瞭にみられる。これについては、前述したように、海水流動値の大きい場所では、波の打ち上げやその飛沫によって、高いところまで湿潤状態が保たれることから、付着動物の生息場所が広範囲になるためであろう。

3.5.6 磯浜の造成素材と付着動物の多様性との関係

生態系を考慮した人工磯を計画あるいは造成する際の検討項目に「造成素材」がある。ここでは、生物との共生をめざした人工磯の造成素材として、どのようなものが適しているのかを明らかにするため、人工磯と天然磯に砂岩、安山岩、花崗岩およびコンクリートの4種類の基質の異なる供試体を設置し、その付着動物への影響を検討した。

a) 供試体の物理特性

供試体に用いた素材の物理的特性については、岩石の種類と産地が判ればある程度の情報を得ることができる。しかし、本研究で用いた供試体のいずれもその産地

および物理特性が不明であったため、動物の付着状況に影響を及ぼすと考えられる物理的特性で、かつ現地での測定が比較的簡単なものとして、それぞれの基質の表面温度、表面湿度、光の反射率および明度の合計4項目を測定した。なお、それぞれの測定結果は、表-3.8に示すとおりである。

図-3.52は、94年6月から97年1月までの各調査日ごとに測定した供試体の表面温度および気温についての経時変化を示したものであり、この図(a)は天然磯、図(b)は人工磯におけるものである。なお、ここでの表面温度はそれぞれの供試体の各面における平均温度である。

これによると、いずれの磯に設置した供試体についても、その表面温度は、破線で示した気温と同様に、夏季に極大、冬季に極小を示す明瞭な季節変化がみられる。また、天然磯と人工磯の違いについては、人工磯に設置された供試体のほうが天然磯のものよりも、夏季と冬季の温度差が大きくなる傾向がみられる。これについては、二つの理由が考えられる。一つは、天然磯と人工磯における供試体の設置状況の違い、すなわち天然磯ではその供試体が波食溝により形成された段差部に設置されているのに対し、人工磯では突堤上の平坦な面に設置されているためである。いま一つは、二つの磯における設置位置の違い、すなわち人工磯に設置された供試体が天然磯のものよりも約75cm高い箇所に設置されていることから、海水からの干出時間が長くなるためである。さらに、基質による違いについては、いずれの磯においても、夏季に安山岩の表面温度が若干高くなっているが、それ以外のものについては顕著な違いはみられない。

つぎに、供試体の表面湿度については、表-3.8(b)からもわかるように、いずれも冬季の夜間に測定したものであるため、海藻類の付着やその周辺における磯表面の影響などを受けており、全体的に高い値を示している。また、基質の違いによる影響については、データ数が少ないうえに、いずれの磯においても調査日によって、その値がばらついており、明瞭な傾向はみられない。

さらに、反射率および明度については、表-3.8(c)および(d)からもわかるように、いずれの調査日においても、各供試体ごとのこれらの値は、花崗岩がもっとも大きく、安山岩がもっとも小さくなっており、よく似た傾向を示している。

図-3.53は、天然磯と人工磯における供試体の反射率と明度との関係について示したものである。なお、反射率と明度は、いずれも色を表現する指標として一般的に用いられているが、この場合の反射率とは硫酸バリウム粉末で作成された標準白

表-3.8(1) 供試体における物理的特性の測定値

(a) 表面温度 (平均値)

(単位: °C)

調査日 (年月日)	基質							
	天然磯				人工磯			
	コンクリート	花崗岩	安山岩	砂岩	コンクリート	花崗岩	安山岩	砂岩
94. 6. 9	23.0	24.5	22.4	23.5	22.2	23.8	25.0	21.6
7. 9	37.6	36.8	43.0	38.0	41.3	39.4	45.3	43.9
8. 9	34.3	33.8	33.4	33.1	38.5	39.2	40.9	40.1
9. 6	30.7	31.5	31.9	29.5	37.4	39.7	39.1	39.2
10. 8	20.0	20.0	20.1	20.0	18.4	18.6	18.8	19.1
11.18	16.6	16.4	16.3	16.9	12.9	13.7	14.1	13.8
12.15	7.9	8.5	7.2	7.8	7.2	7.0	7.0	6.7
95. 1.18	6.6	6.9	5.8	7.5	4.4	4.2	4.2	4.4
2.14	9.3	9.5	9.3	8.5	6.2	6.3	6.6	6.2
3.18	18.1	18.8	17.8	15.5	16.3	17.0	18.2	18.7
4.20	20.2	21.6	22.9	21.8	21.3	22.8	24.5	23.2
5.18	29.5	32.3	33.9	33.5	28.0	30.1	30.9	29.6
6.16	30.9	34.2	35.8	34.4	26.5	37.5	37.4	37.2
7.11	31.6	32.3	33.9	31.3	31.4	34.0	34.4	31.4
8. 9	36.9	38.7	42.2	36.3	41.3	41.3	48.9	47.7
9. 8	27.2	27.5	26.4	25.2	28.5	29.4	29.7	28.7
10.26	16.0	14.8	16.6	16.0	12.6	13.6	12.7	12.3
11.25	11.2	11.0	11.5	10.5	欠	10.6	10.6	10.6
12.19	6.6	6.5	6.0	6.4	欠	3.7	3.7	3.3
96. 1.18	5.1	4.6	5.3	4.4	欠	2.5	2.6	2.8
2.22	3.2	2.9	3.1	2.9	0.0	0.5	0.4	0.8
3.21	16.0	16.1	16.0	15.7	17.0	18.9	20.2	18.0
4.20	18.1	19.9	19.1	17.0	16.6	18.2	20.2	19.4
5.20	21.5	22.3	22.8	21.5	23.6	24.6	25.4	24.8
6.19	28.3	29.7	29.4	28.2	32.5	35.1	37.1	35.9
7.14	34.5	33.4	33.7	33.0	37.7	38.1	41.0	39.5
8.29	29.8	31.1	32.2	30.6	34.1	34.5	34.7	34.1
9.25	27.7	28.0	28.8	26.3	26.2	27.4	27.7	27.0
10.30	17.4	17.6	17.7	17.5	15.1	15.4	15.4	15.5
12.12	10.3	10.7	10.8	10.6	9.4	9.5	9.7	9.4
97. 1.25	5.5	6.4	5.9	5.5	5.1	5.2	5.6	5.1
3.11	15.3	16.4	18.2	15.5	17.2	18.2	19.0	17.5
5.10	25.5	26.9	27.6	25.8	26.6	29.5	30.2	29.4
7.23	27.6	28.4	29.0	29.7	36.0	36.9	38.6	37.2
9.19	欠	欠	欠	欠	33.0	33.9	35.6	35.5
11.15	19.0	19.0	18.9	19.0	18.5	18.4	18.1	17.9

表-3.8(2) 供試体における物理的特性の測定値

(b) 表面湿度

(単位: %)

調査日 (年月日)	基質							
	天然磯				人工磯			
	コンクリート	花崗岩	安山岩	砂岩	コンクリート	花崗岩	安山岩	砂岩
96.12.12	79.1	82.3	70.8	90 ↑	69.0	72.5	72.6	69.2
97. 1.25	84.0	80.5	78.1	83.8	77.1	76.3	75.3	75.4

(c) 反射率

(単位: %)

調査日 (年月日)	基質							
	天然磯				人工磯			
	コンクリート	花崗岩	安山岩	砂岩	コンクリート	花崗岩	安山岩	砂岩
96. 9.25	11.90	12.61	8.15	11.96	12.10	6.02	4.80	4.93
10.30	5.04	10.53	4.39	5.84	7.29	4.52	3.70	3.98
12.12	5.35	9.92	5.33	6.50	15.72	3.56	3.81	3.80
97. 1.25	7.83	10.82	5.33	4.57	9.84	3.44	3.98	9.73
3.11	5.61	9.51	7.45	4.31	5.33	9.52	7.58	4.22
5.10	6.42	13.76	8.57	9.87	23.22	5.22	5.75	13.87
7.23	欠	欠	欠	欠	7.30	7.69	6.06	5.81
9.19	欠	欠	欠	欠	4.51	13.44	6.63	5.30
11.15	4.45	13.43	4.75	5.90	3.47	4.08	5.28	3.30

(d) 明 度

調査日 (年月日)	基質							
	天然磯				人工磯			
	コンクリート	花崗岩	安山岩	砂岩	コンクリート	花崗岩	安山岩	砂岩
96. 9.25	41.05	42.16	34.28	41.15	39.97	29.46	26.14	26.53
10.30	26.84	38.77	24.92	28.99	32.30	25.32	22.66	23.61
12.12	27.70	37.68	27.63	30.63	46.60	22.16	23.01	22.96
97. 1.25	33.31	39.27	27.62	25.39	36.36	21.71	23.54	37.22
3.11	28.39	36.94	32.80	24.67	27.64	36.96	30.09	24.37
5.10	30.44	43.88	35.14	37.59	55.29	27.33	28.76	44.04
7.23	欠	欠	欠	欠	32.48	33.31	29.55	28.91
9.19	欠	欠	欠	欠	25.29	43.41	30.95	27.55
11.15	25.10	43.40	26.01	29.15	21.88	23.93	27.51	21.20

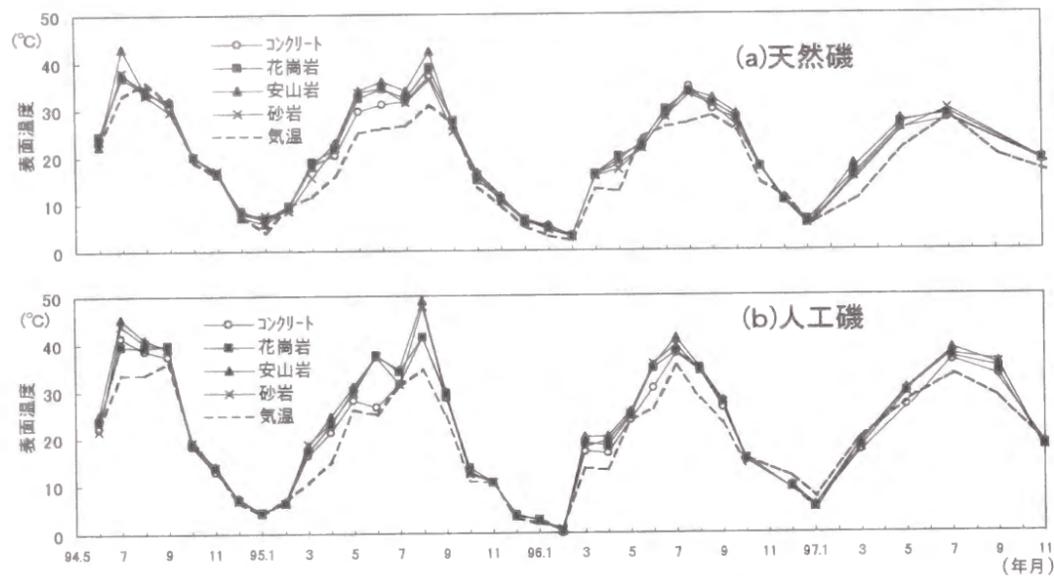


図-3.52 供試体の表面温度

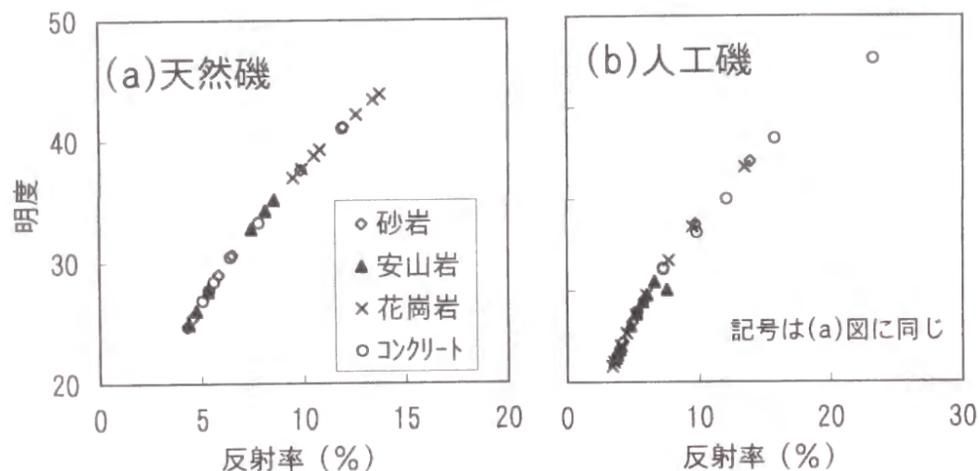


図-3.53 反射率と明度との関係

色面の反射率を100%として、これを基準に求めたもの³⁰⁾であり、また明度とは色彩に関係なく比較できる色の「明るさ」のことである³¹⁾。これらによると、反射率と明度は、かなり高い相関性をもっていることがわかる。したがって、今後は供試体の色に関する表現は、反射率をその代表的な物理量として用いる。

以上のことを考慮して、表-3.8(c)に示した反射率についてみると、天然磯に設置された供試体では、1月25日を除くすべての調査日において、花崗岩、砂岩、コンクリート、安山岩の順に、その値は小さくなっている。すなわち、花崗岩、砂岩、

コンクリート、安山岩の順に、反射率が低下し、天然磯に設置された供試体の反射率は、基質によって異なっていることがわかった。なお、1月25日においては、砂岩の反射率が、もっとも小さくなっている。また、それ以外のものの反射率は花崗岩、コンクリート、安山岩の順に小さくなっており、1月25日以外の調査日のものと、同じ傾向を示している。なお、これについては、1月25日の砂岩の表面には非常に多くの海藻類が付着しており、その影響を受けたものと考えられる。

さらに、9月25日における測定値は、他の調査日のものに比べると、いずれの供試体においても、高くなっているが、これは10月30日以降は、夜間に測定を行ったためであろう。すなわち、本研究で使用した色彩色差計は、本体そのものに光源をもつため、測定箇所の明暗による影響は受けないものと思われたが、実際には、センサーと測定箇所との間に隙間が生じており、その影響がかなりあることがわかる。一方、人工磯に設置された供試体の反射率については、その値が調査日ごとにばらついており、基質の違いによる影響はみられない。特に、9月25日、10月30日および12月12日における花崗岩、安山岩、砂岩の反射率は、いずれも全体的に低くなっている。これについては、これらの調査日には、供試体の表面全体に、黒褐色の海藻が付着し、非常に汚れていたためである。したがって、定量的な比較はむずかしいが、定性的な傾向については十分信頼できるものとして、これ以後の考察にも使用する。

b) 供試体への付着動物の経時変化

図-3.54は、94年5月から97年1月までの各調査日に確認された供試体への付着動物の種数について経時変化であり、図(a)は天然磯、図(b)は人工磯のものである。

これによると、天然磯に設置した供試体には、コンクリートを除いて、設置後1カ月で動物が付着し始め、2カ月後にはすべての供試体に付着した。これに対して、人工磯のすべての供試体に動物が付着するのは、設置後4カ月を経過した94年8月である。また、人工磯では、2カ月後にコンクリート、3カ月後に花崗岩、4カ月後に安山岩および砂岩の順序で動物が付着している。この順序は、東方向からの供試体設置順序と一致している。さらに、図示はしていないが、人工磯の供試体には、いずれもその東側に面した第3面に動物が多く付着していることも併せて考慮すると、人工磯の設置開始時においては、基質の影響よりも、供試体の設置位置やその面の向きの影響のほうが大きいようである。

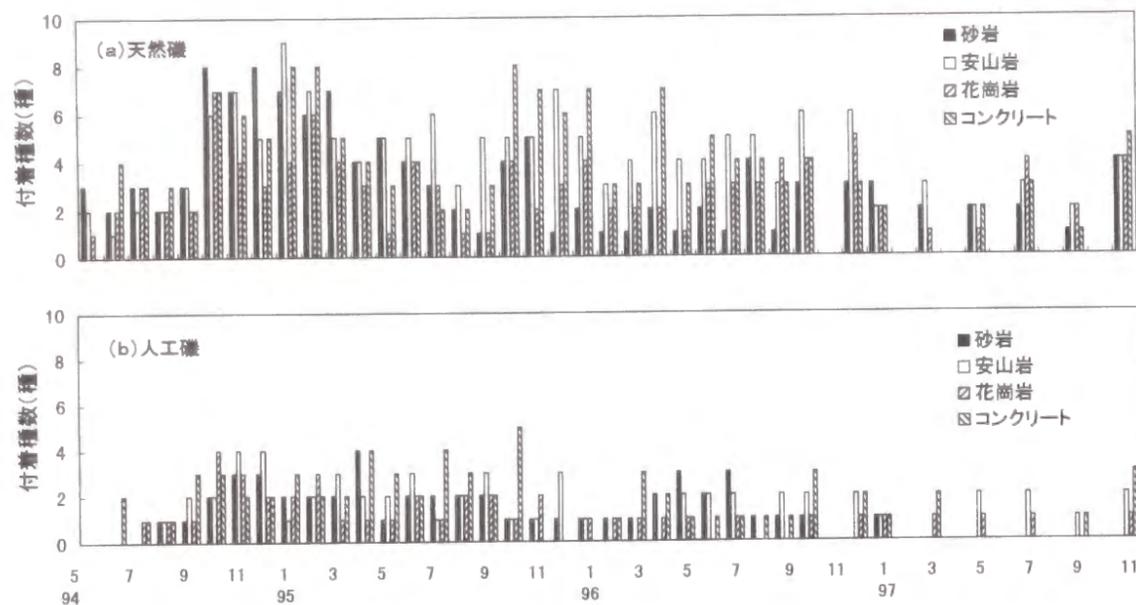


図-3.54 供試体に付着した動物の種数

人工的な素材であるコンクリートの供試体への付着状況をみてみると、いずれの磯においても、動物が付着し始めるのは、設置後2カ月を経過した94年6月である。近年の水産土木分野の研究では、コンクリートに含まれる強アルカリ成分が、海洋生物の幼稚仔に生育阻害を生じさせるなど、付着動物に悪影響を及ぼすことが懸念されている³⁰⁾。これらのことより、コンクリートに含まれる強アルカリ成分は、設置直後より供試体の表面から溶出し始め、約60日でその影響がなくなるものと考えられる。

供試体への付着種数の経時変化については、図-3.54(a)に示した天然磯では冬季に増加、夏季に減少し、図-3.52に示した表面温度の変化と逆の傾向を示している。このことより、供試体の表面温度が低いほど、付着種数は多くなることがわかる。また、付着種数が冬季に増加する原因として、表面温度が低いことのほかに、つぎのことも考えられる。すなわち、いずれの年も10月から翌年の2月にかけては、夜間の調査であることと、供試体への海藻の付着が多いことから、夜行性の動物の採餌活動による影響である。一方、図-3.54(b)に示した人工磯では、付着種数は徐々に増加しているようであるが、確認された付着動物のほとんどが固着性の動物であるため、天然磯でみられたような明瞭な季節変化はみられない。

基質の違いによる影響については、まずこの図(a)に示した天然磯において、コンクリートへの付着種数が全般的に多くなっていることがわかる。これについては、他の基質に比べて、表面粗度が大きいこと、すなわちその表面に小さな孔が多くあることや他の供試体に比べ表面の劣化が進んでいることが考えられる。安山岩における付着種数は、コンクリートと同様に、いずれの調査日においても多くなっている。特に、表面温度が上昇する夏季において、他の基質では付着種数が減少しているにもかかわらず、安山岩ではそうした傾向はみられない。これには、二つの理由が考えられる。一つは安山岩の供試体表面には、他のものに比べ、ひび割れや欠損部分が多いことであり、いま一つは色の影響である。すなわち、安山岩は黒色であるために太陽光を吸収しやすく、他の基質に比べて、紫外線の照り返しが弱いことから、光に対して敏感な軟体動物が付着しやすいものと考えられる。天然磯の構成素材である砂岩については、付着開始時における種数をもっとも多く、その後、いずれの調査日においても、比較的多いが、設置2年後からは、全体的に付着種数が減少している。これについては、砂岩の大きさが、他のものに比べて若干小さいことなどが考えられるが、詳細については明らかでない。なお、砂岩の供試体と天然磯の泉和泉砂岩層とは同じ砂岩でも組成が異なっているようである。淡輪・箱作海岸における人工磯の造成素材である花崗岩への付着種数は、現在のところ残念ながら全般的に少なくなっている。しかしながら、この花崗岩の組成についても、前述の砂岩と同様に、人工磯の造成素材として用いられているものとは異なるようである。人工磯における付着種数については、その付着動物のほとんどが固着性の動物であり、それらが優占種になって大半を占めるため、天然磯でみられるような基質の違いによる影響はみられない。

さらに、天然磯と人工磯のものについて比較してみると、人工磯における付着種数は、天然磯のものに比べて、全体的に少ない。これには、大別して二つの理由が考えられる。すなわち一つは、人工磯に設置された供試体が、天然磯のものよりも、約75cm高い箇所に設置されていることから、海水からの干出時間が長くなるためである。いま一つは、それぞれの磯における生物相の違いである。すなわち、人工磯は、造成後数年しか経過しておらず、豊富な生物相を有する天然磯に比べると、その生物相が貧弱なことである。このため、今後も継続して調査を行い、詳細に検討する必要がある。

図-3.55は、94年5月から97年1月までの各調査日ごとに確認された供試体への動

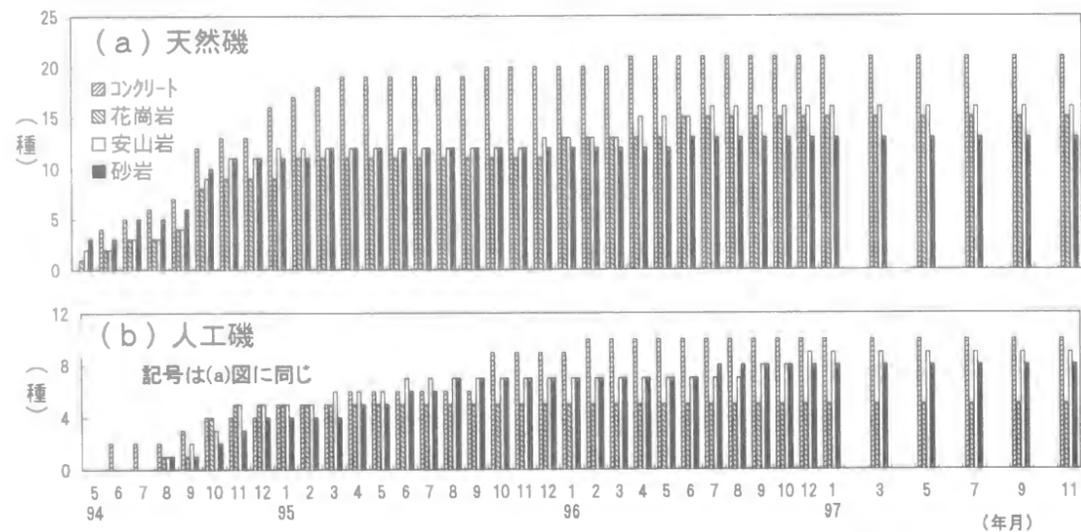


図-3.55 供試体に付着した動物の累計種数

物の累計付着種数を示したものであり、この図(a)は天然磯、図(b)は人工磯のものである。

これによると、この図(a)に示した天然磯におけるいずれの供試体についても、その累計種数は、設置後から増加傾向を示し、約1年経過した95年3月以降はほぼ一定になることがわかる。また、この図(b)に示した人工磯のものについても、天然磯のものと同様の傾向を示し、設置後約1年目の95年4月以降は、若干の変動はあるものの、ほぼ一定となっている。これは、いずれの磯においても、設置当初に比べて供試体が周辺環境に徐々になじんできたためと考えられる。

天然磯と人工磯のものについて比較してみると、累計種数に関しても、付着種数の場合と同様に、顕著な差が現れている。これについても、前述したように、両磯における供試体の設置位置や生物相の違いによる影響を受けたものと思われる。

さらに、基質の違いによる影響については、天然磯では、コンクリートへの累計種数が21種であり、他の供試体のものよりもかなり多くなっている。このことより、人工磯の造成素材として、コンクリートは決して悪いものではないことがわかる。一方、人工磯では、天然磯にみられたような明瞭な傾向はみられず、基質の違いによる影響よりも、設置位置や生物相の違いによる影響のほうが大きいようである。

図-3.56は、天然磯に設置された供試体に付着した動物の種数と多様度指数を94

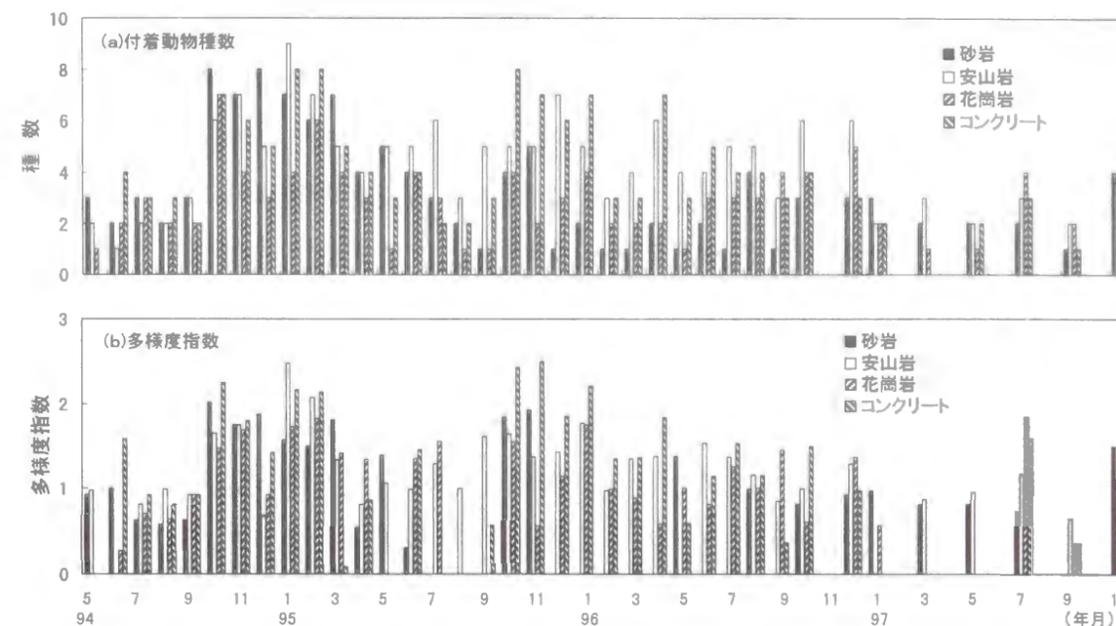


図-3.56 供試体に付着した動物の種数と多様度指数との関係（天然磯）

年5月から97年1月までの各調査日ごとに対応させて示したものである。

これによると、いずれの供試体についても多様度指数の変化は、付着種数の変化とかなりよく対応している。また、供試体への付着動物の総個体数については示していないが、種数、総個体数がともに多いところでは、多様度指数も大きくなり、逆にどちらか一方だけが多い場合には多様度指数は小さいか、もしくは0になる傾向がみられる。

以上のことより、天然磯に設置した供試体への付着動物種数には、冬季に増加し、夏季に減少するような明瞭な季節変化がみられ、また、それらには基質の表面温度、粗度および色の違いによる影響が現れることが明らかになった。しかしながら、人工磯におけるものには、こうした傾向はみられなかった。供試体への累計付着種数については、両磯におけるいずれのものも、設置後約1年間は増加傾向を示すが、それ以降はほぼ一定になることがわかった。さらに、天然磯と人工磯のものについて比較した結果、天然磯に設置された供試体への付着動物は、人工磯のものに比べ、種数だけでなく多様性の面から検討しても、きわめて豊富であることが明らかになった。

c) 基質の違いによる影響評価

3.5.6のa)では供試体の物理特性、b)では供試体に付着した動物の経時変化について検討を行い、天然磯に設置された供試体への付着動物の多様性には、基質の違いによる影響がみられ、この原因として、主に基質による物理的要因の違いを挙げてきた。そこでここでは、供試体の物理的特性が、付着動物の多様性にどのような影響を及ぼしているのかを検討する。

図-3.57は、94年6月から97年1月までの各調査日ごとに確認された供試体への付着動物に関する多様度指数と供試体の表面温度との関係であり、これらの図(a)、(b)、(c)および(d)は、コンクリート、花崗岩、安山岩および砂岩についてのものである。なお、ここでの表面温度とは、それぞれの供試体の各面における平均温度である。

これらによると、多様度指数が0になるものを除き考察すると、花崗岩を除いたコンクリート、安山岩、砂岩については、そのデータが右下がりになるような傾向を示しており、すなわち表面温度が低いほど、付着動物の多様度指数は大きくなる

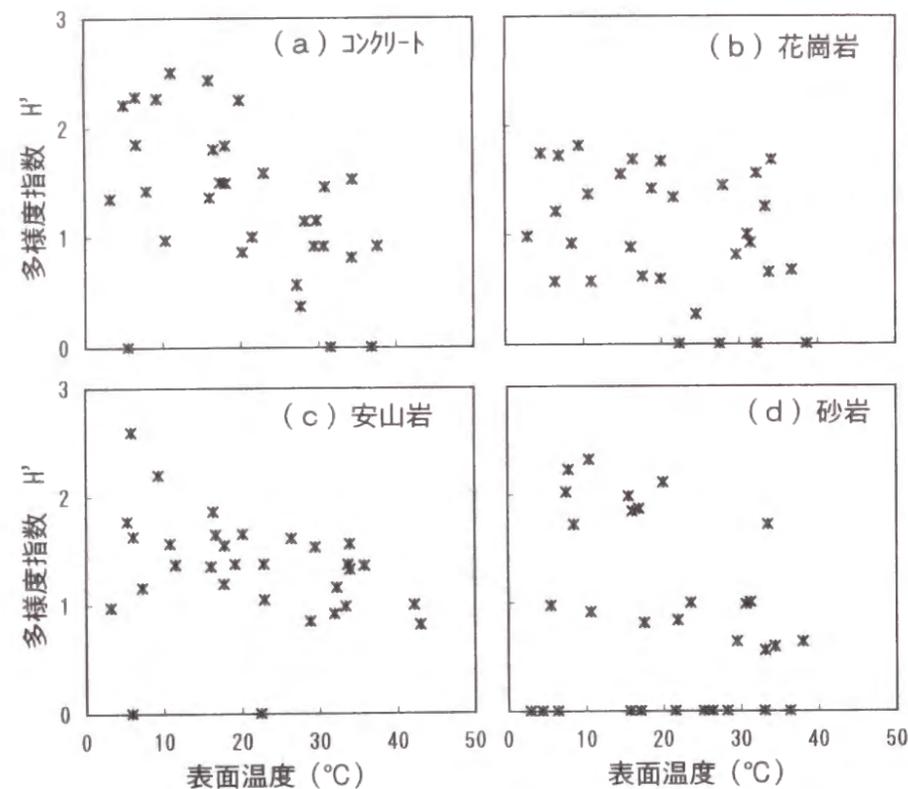


図-3.57 供試体に付着した動物の多様度指数と表面温度との関係 (天然磯)

ことがわかる。花崗岩については、そのデータに若干右下がりの傾向はみられるが、そのばらつきが大きく、必ずしも表面温度と一義的な関係があるとはいえないようである。また、すべての調査日における表面温度の平均値を小さいものから順に並べると、コンクリート、花崗岩、砂岩、安山岩となる。この順位と多様度指数の平均値が大きいものからの順位、すなわち安山岩、コンクリート、花崗岩、砂岩と比較してみると、安山岩を除いたコンクリート、花崗岩、砂岩については、その順位が一致している。さらに、安山岩については、表面温度が40°Cを超えるような高温時においても、多様度指数は比較的大きくなっている。このことから、安山岩への付着動物の多様性には、表面温度に加えて表面形状や反射率などの物理的要因がかなり影響しているものと考えられる。

図-3.58は、96年12月および97年1月において確認された供試体への付着動物の多様度指数と供試体の表面湿度との関係を示したものである。

これによると、表面湿度に関するデータは少なく、その値も基質ごとにばらついており、明瞭な傾向はみられない。前述したように表面湿度の測定は、まだ2回しか行われておらず、しかも、それはいずれも冬季の夜間において行われたものである。したがって、この図からもわかるように表面湿度はすべて70%以上となっており、いずれの基質においても非常に高い値を示している。このことより、供試体における表面湿度は、湿気を含む海藻類の付着や気温および大気中の湿度などの影響が非常に大きいといえる。したがって、今後、表面湿度と付着動物の多様度指数との関係を検討するにあたっては、海藻類の付着が少なく、供試体の周辺が比較的乾燥している夏季の昼間などに表面湿度の測定を行えば、基質そのものの違いによる影響がより現れるものと考えられる。

図-3.59は、96年9月から97年1月までの各調査日ごとに確認された供試体の付着動物に関する多様度指数と供試体の反射率との関係を基質ごとに分類して示したものである。

これによると、花崗岩のものを除き、いずれの供試体もそのデータは全般的に右下がりの傾向を示しており、反射率が低いほど、付着動物の多様度指数は大きくなる。花崗岩については、若干そのデータに右下がりの傾向もみられるが、他のものほど顕著ではない。なお、反射率についてもまだ4回しか測定しておらず、データ数も少ないため、今後、さらに継続して測定を行う必要がある。また、すべての調査日における反射率の平均値が小さいものから並べると、安山岩、

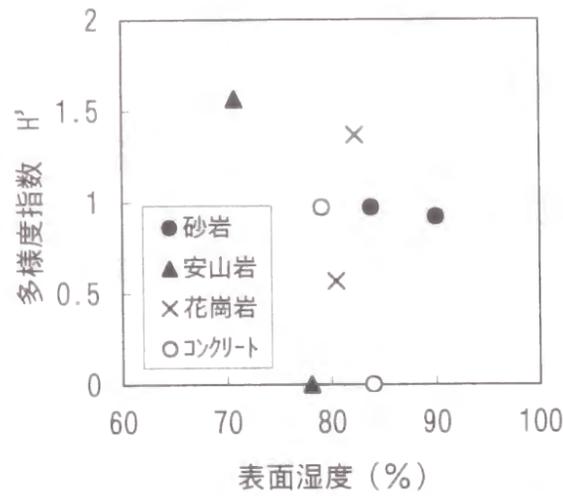


図-3.58 供試体に付着した動物の多様度指数と表面湿度との関係 (天然磯)

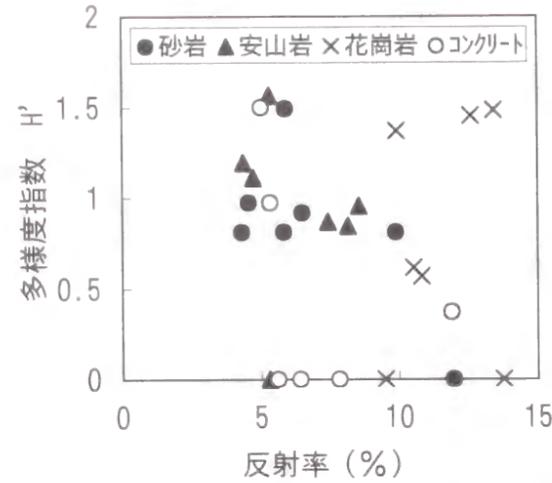


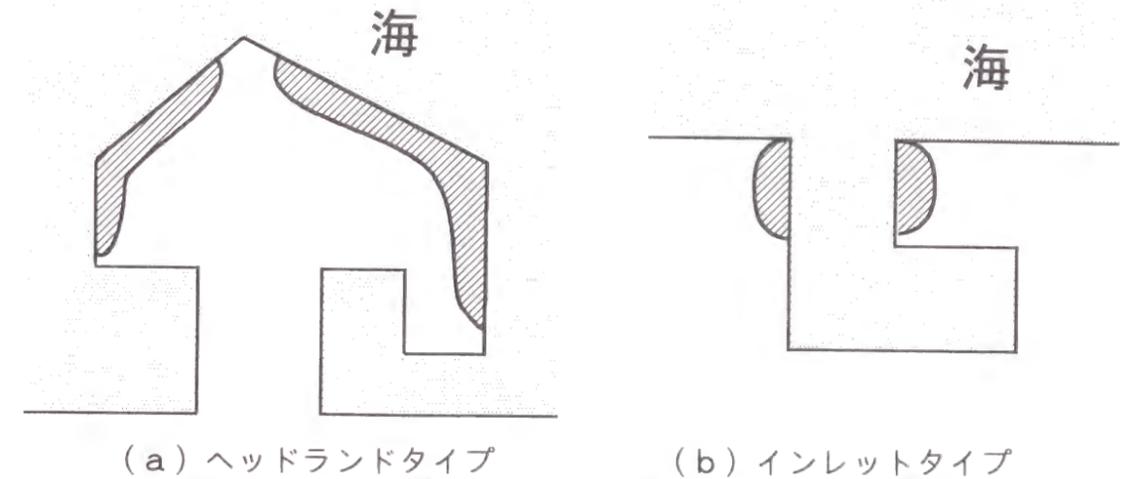
図-3.59 供試体に付着した動物の多様度指数と反射率との関係 (天然磯)

砂岩、コンクリート、花崗岩の順である。この順位と前述した多様度指数の平均値が大きいものから並べた順位、すなわち安山岩、コンクリート、花崗岩、砂岩とを比較すると、砂岩を除いた安山岩、コンクリート、花崗岩については、その順位が一致している。このことより、反射率が低いものほど、付着動物の多様性は高くなることがわかる。なお、砂岩については、反射率のほかに表面形状や大きさなどの物理的要因が影響しているものと考えられる。

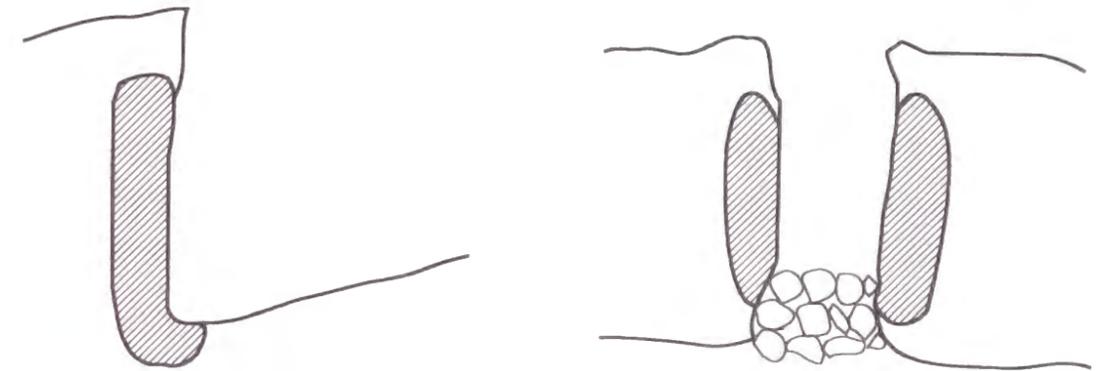
3.6 多様性が高くなる磯浜地形

ここでは、これまで検討してきた磯浜の自然環境をまとめ、生物にとって良好な環境と思われる環境、すなわち多様性が高くなる磯浜の地形を具体的に示すと次のようである。

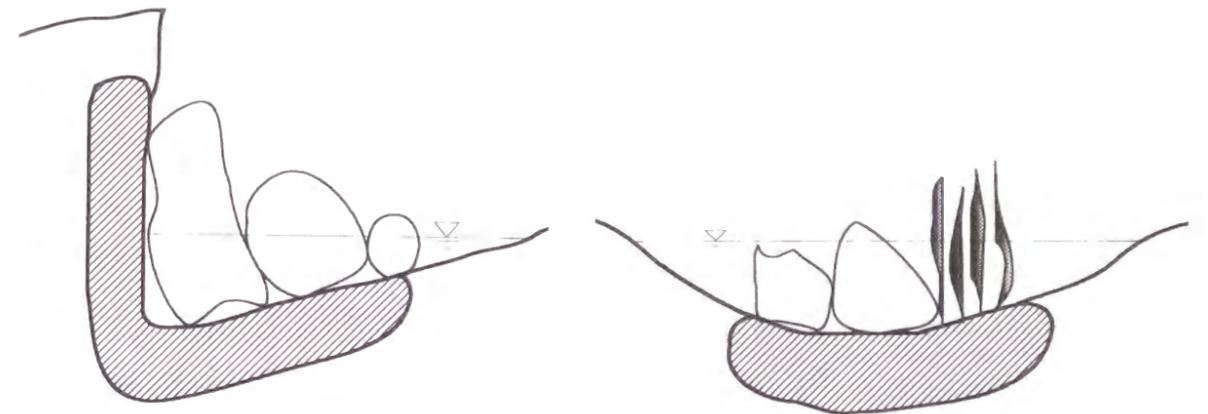
まず、人工磯の地形を平面的にみると、多様性は波当たり (海水海水流動値) が強すぎても弱すぎても低くなるため、適当な波当たりが得られる図-3.60に示した斜線部のような場所で多様性は高くなる。すなわち、人工磯が図(a)のように突堤やヘッドランド状に造成された場合は、沖側の最先端と陸側の回折波領域を除く部分である。また、図(b)のように入り江状に造成された場合は、その出入り口付近がもっとも多様性が高く、波当たりが弱くなる入り江の奥部へいくほど多様性は低



(a) ヘッドランドタイプ (b) インレットタイプ
図-3.60 磯浜における多様性が高くなる平面地形



(a) 波食溝の段差部 (b) 岩石間の空隙
図-3.61 磯浜における多様性が高くなる断面地形



(a) 転石 (b) 海藻
図-3.62 タイドプールにおける多様性が高くなる底面

くなる。

次に、磯浜地形を断面的にみると、多様性は地形が単純な水平部分でなく、複雑な波食溝の垂直部分で高くなる。また、磯を形成する岩表面の窪みや割れ目の存在も多様性が高くなる要因である。さらに、暑さや寒さの厳しい夏季や冬季においては、波食溝の方向も多様性に影響を及ぼす一因となる。したがって、断面的には図-3.61(a)に斜線で示した波食溝の垂直部と下段水平部との交点付近が多様性は高く、そのうえそこにタイドプールが形成されているとさらに多様性は高くなる。また、これらのことは図(b)に示した岩石間にできる空隙部分についても同様である。

磯浜に点在するタイドプールについては、図-3.62(a)および(b)に示すように波食溝の段差部に形成されるものと岩の窪みに形成される2つのタイプがあり、多様性は前者のほうが高い。しかし、後者であってもタイドプールの中に転石や海藻が繁茂している場合はそれらが無いものより多様性は高くなる。

以上、人工磯を造成する際、そこを生物にとって良好な環境にするための条件はこれら地形的なもの以外にも数多くある。したがって、人工磯の多様性を高めるため人為的工夫がしやすい地形条件だけでなく、できる限りの条件を考慮すべきであろう。

3.7 結語

以上、本章では、生物との共生を目指した人工磯を造成する際の基礎資料を得る目的で、人工磯が多種多様な生物にとって良好な環境となるための条件を、そこに生息する付着動物の多様性との関係から検討を行ってきた。それらの結果を要約すると、次のようである。

I) 環境条件

- 1)水質については、天然磯でのpHとDOが人工磯のものに比べて若干高くなる程度であり、両磯における水質の違いはあまりみられない。
- 2)水質の季節変化は、いずれの磯においても、水温とDOについては明瞭にみられるが、それ以外のものについてはみられない。
- 3)天然磯に点在するタイドプールの水温とpHは、それぞれのタイドプールのもつ地形条件や生息生物の影響を受ける。

II) 生物分布

- 1)人工磯のタイドプールにおける生息動物の平面分布は、タイドプールの開口部に集中して生息するもの、開口部を中心とし生息するが、その奥部でも少数は生息しているもの、タイドプールの広い範囲にわたって生息するものの3種類に分類できる。
- 2)同じL字型をしているタイドプールであっても、U字型の半分とL字型では海水の流動が異なるため、生息動物の平面分布も異なる。
- 3)垂直分布についても、潮間帯の最上位からそれ以上に分布するもの、潮間帯の上位から中位に分布するもの、潮間帯の下位からそれより低いところに分布するものの3種類に分類できる。
- 4)天然磯の潮間帯における岸沖方向の生物分布は、地形的な要因によってそれぞれの生息場所を棲み分けている。したがって、地形が平坦で単調な人工磯に比べ、天然磯では種数および個体数のいずれも豊富である。

III) 地形および微地形

- 1)磯浜の中で、多種多様な付着動物が生息するのは、地形が単純な水平部分ではなく、それがより複雑な垂直部分である。
- 2)磯浜における波食溝は、複雑な地形を作り出す主要な要因であり、そこは湿潤状態の確保ばかりではなく、タイドプールの形成や餌場の提供など重要な役割を果たしており、様々な動物にとって生息しやすい環境である。
- 3)磯浜の地形について、磯表面の勾配が水平な部分や逆勾配になっているところでは、正勾配のものに比べると、全般的に多様度指数は低い。
- 4)いずれの季節においても、斜面長比が1.6~1.7程度まではその値が大きくなるほど、多様度指数も大きくなる傾向がある。また、斜面長比が1.3以下の地形が単調なところでは、多様度指数が0のところが多くなり、優占種の存在する可能性が高くなる。
- 5)日射しの強い高温の夏季には、同じ波食溝の段差部であっても、垂直部分が北向きのものは南向きのものより多様度指数は大きくなる。
- 6)磯表面が比較的乾燥したところでは、段差部は付着動物の多様性に大きく影響を及ぼすが、それが完全に水没してしまうとその影響はほとんどなくなる。ま

た、その多様度指数は、段差部が干潮汀線付近にあり、波しぶきなどの影響を受ける場合のほうが、それが完全に水没する場合よりも大きくなる。

7)人工磯の岩石間に形成される空隙においても、天然磯の段差部と同様に、多種多様な付着動物が生息するのは、底面の水平部分よりも側面の垂直部分である。

IV) タイドプール

1)天然磯では、地形が非常に複雑であり、そこに形成されるタイドプールは、その高さ、微地形の発達程度、波当たりなどによって、水質などの環境特性や生物相が異なる。

2)天然磯におけるタイドプール内では、水温は気温、塩分濃度は日照、pHとDOは海藻の影響をそれぞれ強く受ける。特に、pHとDOについては、タイドプール中の海藻の被度が高いほど、その値は大きくなる。

3)天然磯のタイドプール内の生息動物については、タイドプールの底面の状態、位置および海藻の有無によって、その種数が異なる。

4)天然磯のタイドプールでは、人工磯のものよりも動物の群集が複雑で、生物相は豊かである。また、生息動物の種類については、人工磯のタイドプールは、天然磯のものに比べると偏っており、なおかつ季節の影響を受ける。

V) 波当たり

1)人工磯の一部になっている突堤の沖側と岸側にある測点では、海水流動値は大きく異なり、突堤の沖側にある測点の海水流動値は岸側のものの約3~10倍にもなる。

2)人工磯の各測点における付着動物の多様性は、そこでの海水流動値と密接な関係があり、多様度指数は海水流動が大きすぎても小さすぎてもその値は小さくなる。したがって、多様度指数はある海水流動値で最大値を示す。

3)海水流動値が大きい測点では、強い付着性を有するツタノハガイ科に属するものの、それが小さい測点では付着性の弱いニシキウスガイ科に属するものがそれぞれ優占種になるため、そこでの多様度指数は小さくなる。

4)人工磯の平面形状において、隅角部になっているところでの多様度指数は大きいが、総個体数は少ない。一方、直線部では、これと逆の傾向を示す場合がある。

5)海水流動値の大きい測点では、干潮汀線に近づくほど多様度指数は小さくなるのに対して、海水流動値の小さい測点では、まったく逆の傾向がみられる。また、付着動物の生息限界高さは海水流動値が大きいところほど高くなる。

VI) 基質

1)天然磯に設置した供試体への付着動物の種数をもっとも多いものは、1月を除いて、砂岩であり、いずれの月も花崗岩はもっとも少ない。さらに、それまでに付着が確認された種の累加数は、コンクリートが16種、砂岩と安山岩は12種、花崗岩は11種であり、基質の影響がみられる。

2)人工磯に設置した供試体への付着動物の累計種数は、いずれの供試体でも4種以下で少ないため、天然磯のものにみられるような基質の影響はほとんどみられない。また、両磯とも供試体への累計種数は、設置後から増加傾向を示し、約1年経過後以降はほぼ一定になる。

3)同じ供試体でも、天然磯のもののほうが人工磯のものよりも付着動物の種数は多い。この原因には、それぞれの磯で供試体の設置位置が異なるため、それによって生じる供試体の表面温度の違いの影響が考えられる。

4)供試体の表面温度が低いほうが、それへの付着動物の多様度指数は大きくなる。

5)供試体の反射率は低いほうが、それへの付着動物の多様度指数は大きくなる。

6)供試体の表面粗度については、それがより大きなもののほうが、それへの付着動物の多様度指数は大きい。

参考文献

- 1)国土庁計画・調整局 編：21世紀の国土のランドデザインー新しい全国総合開発計画の基本的な考え方ー，大蔵省印刷局，pp.1~21，1995.
- 2)海岸長期ビジョン研究会 編：豊かな海辺の創造ー海岸長期ビジョンー，第一法規出版，pp.2~19，1995.
- 3)大阪府港湾局 監修：大阪府の海岸，pp.27~30，1995.
- 4)木元新作：動物群集研究法 Iー多様性と種類組成ー，共立出版，pp.54~64，1976.

- 5)前野賀彦・石川元康：海洋生物の生態系と調和した海岸構造物の設計法に関する研究，文部省科学研究費補助金研究成果報告書，pp.83～92，1995.
- 6)宇多高明：離岸堤設置に伴う生態変化予測手法に関する調査報告書，土木研究所資料，第3106号，pp.2～128，1992.
- 7)檜山博昭・今村 均・田中茂信・岩崎福久：海岸保全施設設置に伴う生態系変化予測手法，海岸工学論文集，第42巻，pp.1196～1200，1995.
- 8)上月康則・村上仁士・伊藤禎彦：海岸構造物周辺の底生動物群集に関する現地調査，海岸工学論文集，第42巻，pp.1201～1205，1995.
- 9)谷野賢二・明田定満・佐藤 均・大森康弘・富士 昭：防波堤の疑似岩礁効果について，海岸工学論文集，第40巻，pp.1151～1155，1993.
- 10)荘司善博・田村政太郎・高橋豊喜・山本秀一・高橋由浩：新潟西海岸における潜堤設置に伴う周辺生物相の変遷，海岸工学論文集，第39巻，pp.996～1000，1992.
- 11)森平倫生・笹島 博・久保省吾：多孔式の魚礁効果，第26回海岸工学講演会論文集，pp.348～352，1979.
- 12)武藤昭光・外崎昭男：防波堤築造による魚礁効果について－御前崎港魚礁効果調査報告－，港湾，1985年，5月号，pp.72～73，1985.
- 13)森 政次・野田頭照美・荒井洋一：人工護岸の造成とその生物的效果について，沿岸海洋研究ノート，Vol.29，No.1，pp.37～50，1991.
- 14)小笹博昭・室 善一郎・中瀬浩太・綿貫 啓・山本秀一：生物にやさしい港湾構造物の研究，海岸工学論文集，第41巻，pp.1016～1020，1994.
- 15)小笹博昭・村上和男・浅井 正・中瀬浩太・綿貫 啓・山本秀一：多様性指数を用いた波高・港湾構造形式別の付着生物群集の評価，海岸工学論文集，第42巻，pp.1216～1220，1995.
- 16)玉井元治・河合 章・西脇祐二：ポーラスコンクリートへの海洋生物に関する研究，セメント・コンクリート論文集，No.44，pp.708-713，1990.
- 17)玉井元治・水口裕之・出村克宣・岡本享久：委員会報告「エココンクリート研究委員会報告」，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.18，No.1，pp.19～28，1996.
- 18)村上和男・小笹博昭・大内久夫・矢島道夫・浅井 正：コンクリート構造物に

- 着生する付着生物に関する調査，自然環境との調和を考慮したエココンクリートの現状と将来展望に関するシンポジウム論文報告集，pp.111～116，1995.
- 19)明田定満・谷野賢二・中内 勲・高橋義昭・小野寺利治：表面処理の相違によるコンクリート面への海藻着生状況について，海岸工学論文集，第43巻，pp.1246～1259，1996.
- 20)中島重旗：土木技術者の陸水環境調査法，森北出版，pp.148～152，1983.
- 21)日本気象協会関西本部：気象の暦，pp.18～23，1992.
- 22)日本気象協会関西本部：気象の暦，pp.18～23，1993.
- 23)日本気象協会関西本部：気象の暦，pp.18～23，1994.
- 24)日本気象協会関西本部：気象の暦，pp.18～23，1995.
- 25)日本気象協会関西本部：気象の暦，pp.18～23，1996.
- 26)日本気象協会関西本部：気象の暦，pp.18～23，1997.
- 27)日本気象協会関西本部：気象の暦，pp.18～23，1998.
- 28)山本護太郎：海の生態系－構造と機能－，海洋出版，p.60，1984.
- 29)大阪府環境保健部環境局：大阪府環境白書，平成4年版，pp.139～141，1992.
- 30)西村三郎：海の生態学，築地書館，pp.204～295，1972.
- 31)月尾嘉男：歩行者のための都市空間，鹿島出版，p.274，1977.
- 32)鍋島靖信，喜田和四郎：石膏ボールによる海水流動の測定法，水産増殖，38巻，2号，pp.127～133，1990.
- 33)鍋島靖信，喜田和四郎：浮き流しノリ漁場における海水流動量の測定，水産増殖，39巻，2号，pp.161.166，1991.
- 34)奥谷喬司：フィールド図鑑，貝類，東海大学出版会，p.11，1992.
- 35)奥谷喬司：フィールド図鑑，貝類，東海大学出版会，p.19，1992.
- 36)日本規格協会：日本工業規格，JIS Z 8722.94，色の測定方法－反射及び透過物体色－，日本規格協会，p.5，1996.
- 37)ミノルタ編：色を読む話，ミノルタ，p.11，1993.
- 38)石田信一・鈴木哲緒：硫酸第一鉄 ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) を利用した藻礁の実験結果について，水産土木，Vol.21，No.1，pp.25.28，1984.

4. 砂浜海浜リゾートの利用者意識とその変化

4.1 概説

わが国は、四方を海で囲まれており、また入り組んだ地形を持つことから、非常に長い海岸線を有し、その総延長は約35,000kmに及ぶ。このうち、約10,000kmが砂浜・礫浜・泥浜、約13,000kmが岩礁・崖といった自然的な海岸であり、残りの約12,000kmが構造物のある人工的な海岸である。さらに、海岸部には約51,000haの干潟と約200,000haの藻場、約87,000haの珊瑚礁が存在し、豊かな自然環境を形成している¹⁾。また、わが国は、国土面積が狭小な島国であるにもかかわらず、その約7割が山地で占められていることから、海岸線に沿う低平地に人口および経済活動が集中しており、人口の約13%にあたる16,000,000人、資産400兆円がT.P. 5m未満の地域に集まっている²⁾。こうした特徴を持つわが国の海岸は、時代の変化につれて、様々な役割を担い、多様な利用を受け入れてきた。古来、海岸は漁労や信仰の場として「生活空間」の役割、海を通じた人・物・文化の交流、交易活動の発着点として「交流空間」の役割を担ってきた。また、中世から近世にかけては、新田開拓や塩田等の「生産空間」としての役割も果たしていた。近代以降は、国土の安全を確保する「防災空間」、経済活動の場である「生産空間」としての役割を果たしており、農業、漁業、工業、輸送のための空間として活用されてきた。さらに、大都市近郊の沿岸部では、拡大する都市機能の受け皿として、埋立などによって新たな国土空間を創造してきた³⁾。そのうえ、河川の治水事業や水資源の開発事業の進展に伴って河川からの流送土砂が急減したことや、経済の復興と発展のための港湾や臨海工業地帯の造成に伴う大規模海岸構造物が次々と建設されたことにより、海浜の土砂収支の不均衡が生じ、全国的に海岸侵食が促進されていった。また、その対策として、各地で試行錯誤を繰り返しながら、海岸保全施設が建設されるようになった。その結果、かつて白砂青松と謳歌されたわが国の海岸線も、現在では自然のままのものは総延長の約65%になってしまった⁴⁾。

一方、わが国における海洋性のレジャーとしては、室町時代にはすでに遊びとしての潮干狩りが行われていたようであり、また江戸時代には四季折々の行事の中に、潮干狩りや川開きといった現代に通じるレジャーが庶民の間に広まっていたようである。現在、もっとも一般的な海洋性レジャーとなっている海水浴に関しては、明治期に沸かした海水に体を浸す「海水温浴場」が各地に建設されているが、これは

一種の湯治場のようなものであった。また、1890年代には海水浴場が数多く建設され、女性用の水着も登場していたようであるが、この時代の海水浴もレジャーというよりはハイカラな西欧風の医療行為のようであった。したがって、海水浴が、海浜でのレジャーとして大衆化したのは、明治末期から大正にかけてのようである⁵⁾。このように、庶民の間に定着していた海水浴であるが、第二次世界大戦以後の高度経済成長期に、海岸の自然環境に対して十分に配慮する余裕のないままに、災害防御と経済発展のための開発が最優先して進められた結果、海水浴場として利用されていた砂浜の多くを消失してしまった。そのうえ、1960年代後半には、都市下水の未整備や産業排水などによって海水汚濁を中心とする海岸環境の悪化が顕著になり、大都市近郊では利用できる海水浴場がほとんどなくなってしまった。しかし、1970年代後半になると、それまで国民の生活の力点調査で「住生活」、「食生活」について3番目であった「レジャー・余暇生活」が、1978年には「食生活」と入れ替わり第2番目に、さらに1983年にはずっと1番であった「住生活」を抜きトップになり、物質的な豊かさに代えて心の豊かさが求められるようになってきた⁶⁾。また、こうした国民のライフサイクルやライフスタイルの変化に伴い、西暦2000年には1985年に比べ一人当たりの余暇活動時間が、労働時間の短縮と長寿化の進展によって、およそ1.6倍に増加すると予測されている⁷⁾。これに伴って、海水浴客も当然増加するため、現状において国際的海岸保養地の4~20倍の混雑ぶりを示している現有海浜の収容力はますます不足することになり、新たな海浜の創出が必要となる⁸⁾。運輸省による第6次海岸事業五箇年計画(案)では、近年急速な高まりを見せている海洋性レクリエーション需要に対応するためには、今後新たに500haの砂浜の創出が全国で必要であり、既存の砂浜の維持や復元をも含めると、砂浜を有し保全を要する海岸は、延長5,400km、面積では20,000haと試算されている⁹⁾。

以上のようなことから、わが国では海岸環境の改善や修復が社会的に重大な関心事となり、全国各地で人工海浜の造成が行われるようになったが、その築造基準が示されたのは意外に遅く、1987年3月に改訂された海岸保全施設築造基準¹⁰⁾に、漸く人工海浜が人工リーフなどとともに、海岸保全施設として位置づけられた。しかし、その設計に当たっては、海浜の防災機能や安定性を中心に考え、海水浴など海洋性レクリエーションの場としては、付随的に考慮するように解説されている程度である。しかしながら、海岸保全施設としての人工海浜であっても、実際には多くのものが海水浴場として利用されていることを考慮すると、利用者の要望をとり入れた

計画が望ましい。こうしたことから、本章では、海水浴場として利用される人工海浜がもつべき条件を、利用者の安全性や快適性の観点から明らかにしようとした。

4. 2 砂浜海浜リゾートの利用形態

ここでは、海水浴場として利用される海浜リゾートの利用形態を明らかにするため、大阪府下における人工海水浴場の自然環境や利用状況を検討する。大阪府の海岸には、古くから浜寺、羽衣、助松などといった白砂青松で著名な海水浴場があり、府民のいこいの場となっていた。しかし、1955年以降の大規模な臨海工業地帯の造成によって、これらはすべて消失し、自然海浜の海水浴場としては、二色の浜が唯一のものになってしまった。このため、大阪府では、この海岸に、わが国では初めての本格的な養浜を行い、半人工海浜の海水浴場として利用されていた。また、大阪府下の完全な人工海浜による海水浴場としては、1973年度から開始された海岸環境整備事業によって淡輪と箱作海岸に1982年と1986年に人工海浜が造成された。さらに1989年には関西新空港の関連事業として樽井海岸に人工海浜が造成されている。なお、大阪府下で唯一の半人工海浜の海水浴場であった二色の浜海水浴場も関西新空港へのアクセス道路である阪神高速湾岸線の建設に伴い、1996年には二色の浜海水浴場も海浜の沖出しによって完全な人工海浜のものになってしまった。このような大阪府の例にもみられるように、人工海浜による海水浴場は、面的な海岸防護方式の導入と相まって、今後ますます造成されていくものと思われる。しかしながら、造成後の自然環境や利用状況、利用者意識などの情報に関する調査はあまり行われていないのが現状である。

4. 2. 1 大阪府下における海水浴場の利用状況

表-4.1は、1982～89年までの大阪府下の全海水浴場における総利用者数に対する各海水浴場の利用者数の構成比を示した。これによると、85年までは海水浴の需要を二色の浜と淡輪の二つの海水浴場に対応してきたが、86年には箱作海水浴場が新設され、これが淡輪と同じ程度の構成比を示し、88年には年間利用者数が淡輪よりも多くなっている。さらに、89年には泉南市に樽井海水浴場が新設され、初年度で11.4%の構成比を占めている。これらのことから、既存の海水浴場においては、新しいものが開設されるたびに、年間利用者数が前年に比べ減少し、人工海浜による海水浴場の新設が既存のものの混雑緩和にきわめて有効であることがわかる。

表-4. 1 大阪府下における海水浴場利用者数の構成比

(単位：人)

調査年	二色の浜	淡輪	箱作	樽井	全体
1982年	605,710 (83.0)	124,147 (17.0)	—	—	729,857 (100)
1983年	674,100 (81.1)	156,638 (18.9)	—	—	830,738 (100)
1984年	704,399 (73.9)	249,314 (26.1)	—	—	953,713 (100)
1985年	662,965 (71.2)	268,430 (28.8)	—	—	931,395 (100)
1986年	560,874 (58.5)	204,490 (21.3)	193,988 (20.2)	—	959,352 (100)
1987年	508,056 (60.8)	187,800 (22.5)	139,730 (16.7)	—	835,586 (100)
1988年	389,417 (53.1)	164,480 (22.4)	179,630 (24.5)	—	733,527 (100)
1989年	381,385 (50.7)	140,270 (18.7)	143,914 (19.2)	85,621 (11.4)	751,190 (100)

注) 括弧内の数字は百分率

表-4.2は、1985～89年の淡輪海水浴場における利用者(アンケート対象者)の住所の推移を示した。これによると、大阪府下からの利用者が、5年間の平均値で86.4%であり、その中でも大阪南部の泉州地域(8市2郡)の利用者が、51.8%と過半数を占めている。淡輪海水浴場のある泉南郡も、11.2%と多いが、それよりも都市部の堺市や大阪市南部の利用者が、それぞれ16.1%、16.5%とさらに多くなっている。また、この表をみる限り、前述の利用者数の推移とは異なり、その構成比はあまり変化していないことがわかる。これらのことから、淡輪海水浴場では、利用者の大多数を地元の泉州地域を中心とした大阪府下の利用者が占めており、他府県からの利用者は少ないことがわかる。したがって、大都市近郊型の淡輪海水浴場といえども、海洋性リゾート施設の整備を推進する段階で、大阪府下だけでなく、他府県のような海洋性リゾートとの競合も考慮する必要があるだろう。

図-4.1は、淡輪と箱作における開設後の利用状況の経年変化である。これによると、淡輪の年間利用者数は、1982年から85年までは毎年著しく増加していたが、85年をピークとして減少傾向が続き、89年には85年に比べて13万人も減少している。淡輪・箱作海岸環境整備計画では、年間50万人の利用者を対象としているが、淡輪と箱作の年間利用者数の合計は、86年から89年の間に約11万人も減少している。このことから、大都市近郊型の海水浴場であっても、アクセスをも含め、利用者にふ

表-4.2 淡輪海水浴場における利用者の住所の推移

		1985年	1986年	1987年	1988年	1989年	平均
泉 州 地 域	堺市	13.0	17.5	19.0	17.1	13.7	16.1
	高石市	1.9	1.6	2.0	2.9	2.5	2.2
	泉大津市	2.4	1.1	1.1	2.9	1.7	1.8
	和泉市	2.6	3.5	2.0	2.1	2.7	2.6
	岸和田市	8.7	9.1	7.6	6.2	3.4	7.0
	貝塚市	2.6	2.1	2.2	1.5	2.2	2.1
	泉佐野市	5.4	4.9	1.9	4.7	3.7	4.1
	泉南市	4.9	3.5	4.7	4.0	3.5	4.1
	泉北郡	1.0	0.5	0.5	0.3	0.5	0.6
	泉南郡	14.6	10.5	7.6	11.6	11.5	11.2
(泉州地域の合計)		57.1	54.3	48.6	53.3	45.4	51.8
大阪府南部 (泉州地域を除く)		4.6	7.7	8.9	7.7	7.2	7.2
大阪市北部		5.8	4.2	5.5	5.2	7.0	5.5
大阪市南部		14.4	17.9	17.8	15.2	17.2	16.5
その他の大阪府下		6.1	5.4	2.8	5.1	7.5	5.4
(大阪府下の合計)		88.0	89.5	83.6	86.5	84.3	86.4
他府県		12.0	10.5	16.4	13.5	15.7	13.6

たたび利用したいと思わせるような環境に整備していかなければ、晴天日数が少なかったことを考慮しても、この減少傾向は当分続くものと思われる。また、淡輪の年間利用者数は、88年以後箱作よりも少ないが、1日最大利用者数については、いずれの年も箱作よりも多い。淡輪で1日の利用者数が最大になるのは、毎年7月下旬に行われるマリンフェスティバルの当日である。このことから、イベントの開催は一時的な集客効果は有するが、シーズンを通しての効果は期待できないといえよう。

4.2.2 滞在利用時間の推移

図-4.2は、1985~89年の淡輪における利用者の滞在利用時間の推移である。これによると、3~6時間の利用者がもっとも多く、この5年間の平均値は65%程度であり、その変化もほとんどみられない。これに対して、85年に24%であった3時間以下の利用者と、87年には前者が7%に減少し、逆に後者が27%に増加している。このように長時間の利用者がかなり増

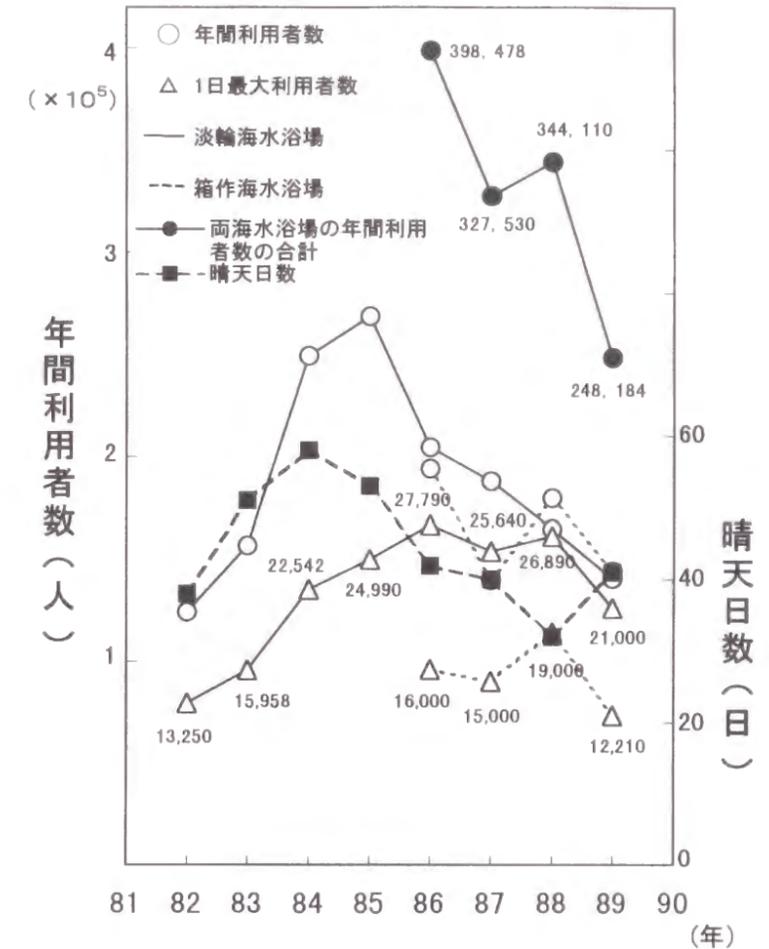


図-4.1 淡輪海水浴場における利用状況

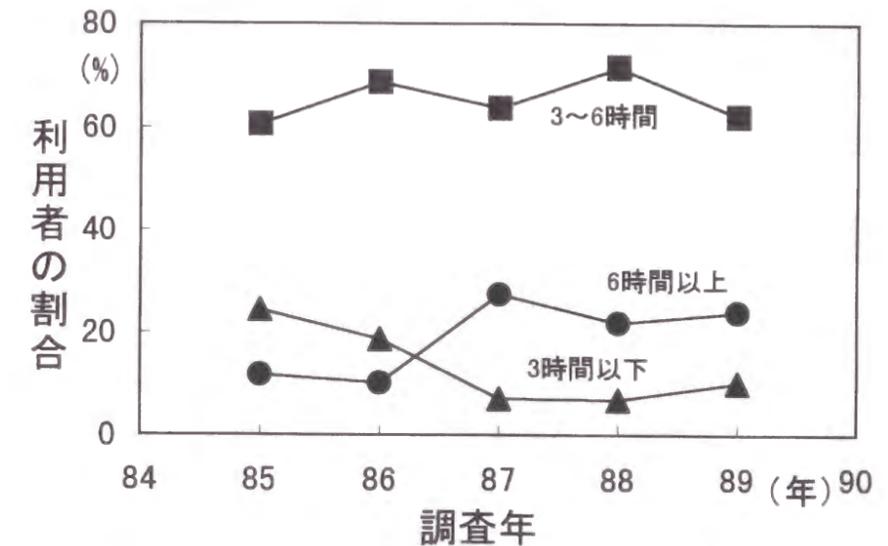


図-4.2 海水浴場における利用滞在時間

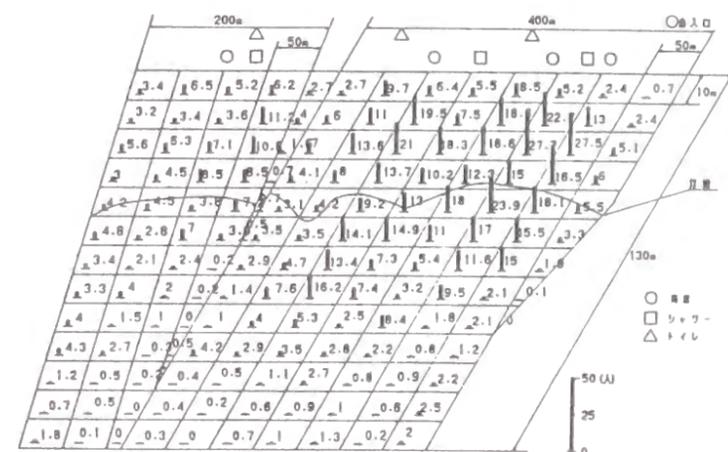
加している原因としては、海水浴場におけるレクリエーション活動の多様化など海浜利用形態の変化によるものと帰宅時の交通渋滞を回避するためによるものの二つが考えられる。したがって、今後は、これら長時間の海浜利用者を考慮した各種の施設やイベントなど利用者へのサービス、さらに、交通基盤の整備が必要であろう。

4. 2. 3 海水浴場内における利用者の平面分布

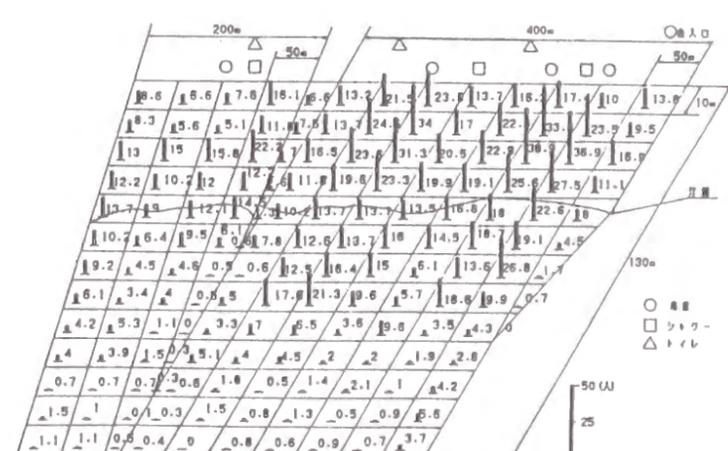
図-4.3(a)、(b)および(c)は、淡輪海水浴場全域の利用者分布を各曜日ごとに示したものである。なお、図中の数字は汀線方向に50m、垂直方向に10m間隔で区切った領域内における利用者数の平均値である。(a)図の平日についてみると、汀線平行方向には出入口から50~350mの区間に、汀線垂直方向には汀線より浜側に30m、海側に15mの区間に利用者が集中していることがわかる。(b)図の土曜日については、平日とほぼ同じ傾向であるが、利用者の集中している区域がやや拡大されている。(c)図の日曜日については、ほぼ海水浴場全域に利用者は分布している。また、曜日にかかわらず、入口から400~600mの区域については、入口から400mまでの区域がかなり利用されている場合であっても利用者数は少ない。この理由としては、淡輪海水浴場では出入口が海水浴場西端に一箇所しかないこと、出入口から汀線平行方向に400m地点に突堤があることが考えられる。利用者が西側にある出入口から入ってきた場合、400m地点にある突堤から奥の場所は、利用者の目につきにくいこととかなり遠くを感じるため、利用者が奥まで行かないためであろう。現在ここには、ビーチバレーコートが設置されているが、このコートイベントの時だけでなく、平常時ももっと有効に使うべきであろう。しかしながら、現在建設中の海水浴場中心部に通じる自動車進入道路が完成すると、利用者の分散が予想され、利用者分布は若干変化するものと思われる。さらに、電車の利用者に対する進入路については現在特に何の対策も講じられていないが、淡輪と箱作の間に新しく駅を設置すれば利用者分布が大きく変化するものと考えられる。また、海水浴場を分断している突堤の影響については、利用者はその突堤によって海水浴場が閉鎖されているように感じるため、限定された領域内で利用するものと考えられる。したがって、海水浴場内の突堤の数はなるべく少なくし、海水浴場全体を大きな一つの空間にすることが望ましい。さらに、宿泊施設や他の各種施設を設ける場合には、出入口と反対側に設置すれば宿泊者などその施設の利用者と日帰りの利用者との混雑もなくなるであろう。



(a) 平日



(b) 土曜日



(c) 日曜日

図-4.3 海水浴場内における利用者の平面分布

4.2.4 比利用密度の時間的変化

図-4.4は、淡輪海水浴場の砂浜全域における比利用密度の時間的変化を曜日ごとに示したものである。なお、ここで用いた利用密度は、写真撮影によって求めた砂浜1㎡当りの利用者数であり、比利用密度とは、その区域における各時間の利用密度の1日の合計を1とし、それに対する各時間ごとの利用密度の比である。これにより利用密度の絶対値の大きさに関係なく、曜日ごとの利用密度の時間変化を比較することが容易になるようにしたものである。これによると、各曜日とも13時から14時にピークが現れている。また、平日と土曜日については、ほとんど同じ変化をしており、15時では減少する傾向がまだあまり現れていない。しかし、日曜日については15時の比利用密度が14時に比べて急激に減少している。比利用密度の時間的変化については、1979年の近江舞子水泳場における調査で検討しており、そこでは、平日と土曜日は13時から14時頃にピークが現れ、日曜日には明確なピークが現れず11時～14時の間ほぼ一定であることや、また、減少する傾向についても各曜日ごとの違いはあまりみられないという結果が得られている。しかしながら、淡輪海水浴場の結果は、近江舞子水泳場におけるものと若干異なる結果であった。

これらのことから、淡輪海水浴場においては、海水浴場へのアクセスである利用交通機関の整備が十分でなく、その混雑を避けるために、利用者は、平日や土曜日に比べて日曜日は早く帰宅するものと思われる。したがって、利用者が長時間滞在

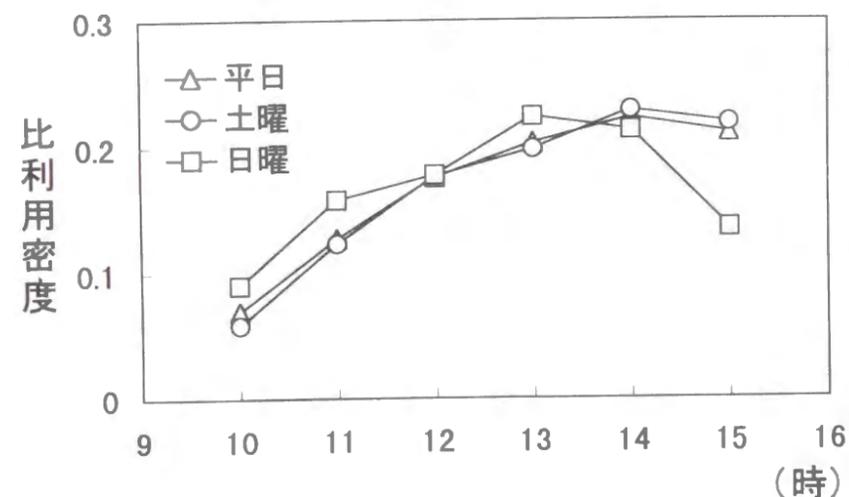


図-4.4 海水浴場における比利用密度の時間変化

し、十分に満足して利用できる海水浴場にするためには、幹線道路の整備や臨時電車の増発、さらには、大阪市内に直結した水上バスなど新たな交通機関の整備・開発が必要である。

4.2.5 水浴率

図-4.5(a)、(b)および(c)は、それぞれ水浴率Y(%)と気温(°C)、水温(°C)および体感温度との関係を示したものである。なお、この場合の水浴率は汀線より海側にいる利用者数をその時間の総利用者数で除したものであり、体感温度は水温/気温と定義した。また、実測値は、1989年における一週間連続を含む合計10日間の調査結果であり、各調査日の10時～15時までの1時間ごとに測定したものである。(a)図によると、水浴率は、気温が28°C未満になると、そのばらつきが大きくなるが、気温が28°Cを超えると、水浴率は約40%程度である。(b)図によると、水浴率は、水温が26°C以上では、常に約40%程度である。なお、水温は、各調査日とも25～28°Cであり、その差は10日間で3°C程度しかなかった。(c)図によると、水浴率は、体感温度が0.9程度までは約40%程度で一定値を示すようである。しかし、体感温度が0.9を超えて1に近くなると、水浴率のばらつきが大きくなる。この理由としては、体感温度が1に近くなるのは、水温と気温のいずれかが海水浴シーズンのものにしては特異なものになることから、その影響によるものと考えられる。また、図示はしていないが、水浴率と一日の利用者数や風速との関係についても、いずれも若干のばらつきはあるものの、水浴率は約40%程度で一定値を示しており、利用者数や風速にもあまり関係がないようである。

以上のことから、水浴率は、利用者数や気象および海象条件にかかわらず、ほぼ40%程度であることが明らかになった。したがって、海水浴場として利用される人工海浜の場合、できるかぎり海底勾配を緩くするなどして、水深1mまでの水域面積を広くすることによって、より多くの利用者への対応が可能になるものと思われる。

4.3 サービス施設の変遷と利用状況

従来、人工海水浴場に関する研究については、海浜の形状や底質など海岸工学的なものは数多く検討されているが、海水浴場における海の家などのサービス施設についてのものはあまりみられない。しかしながら、海水浴場に集まってくる人々の

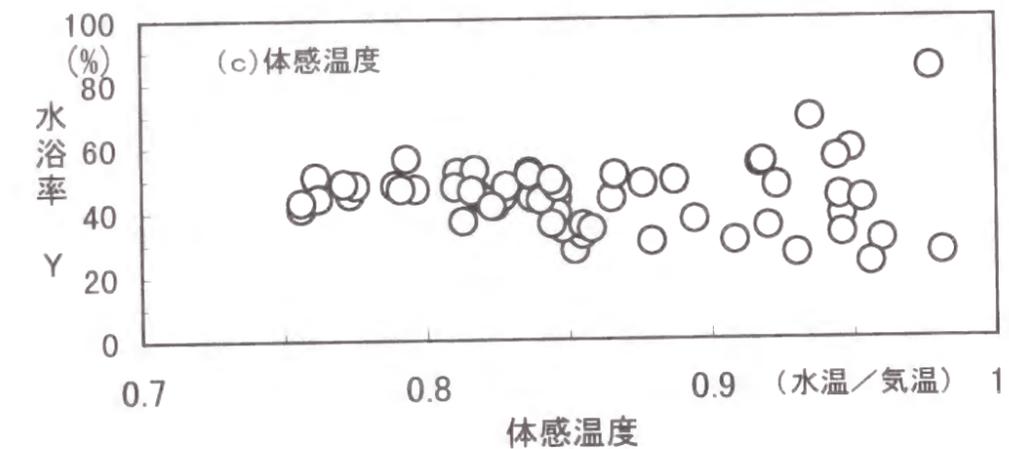
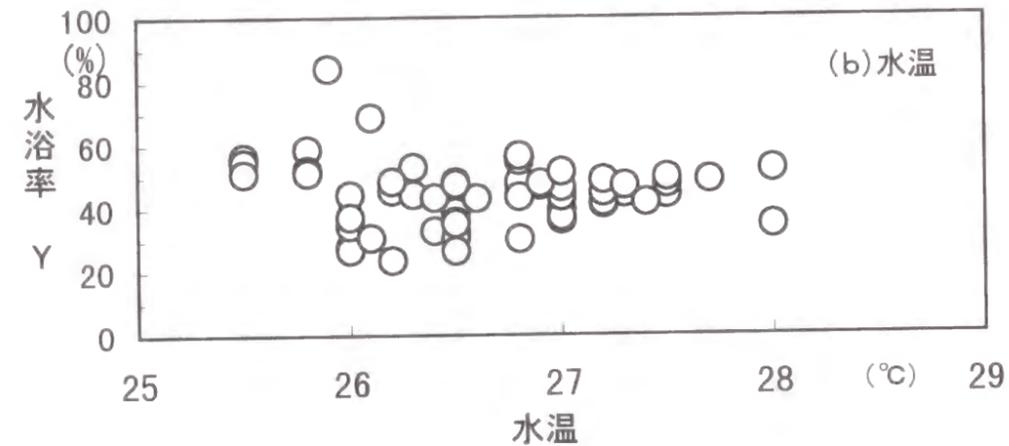
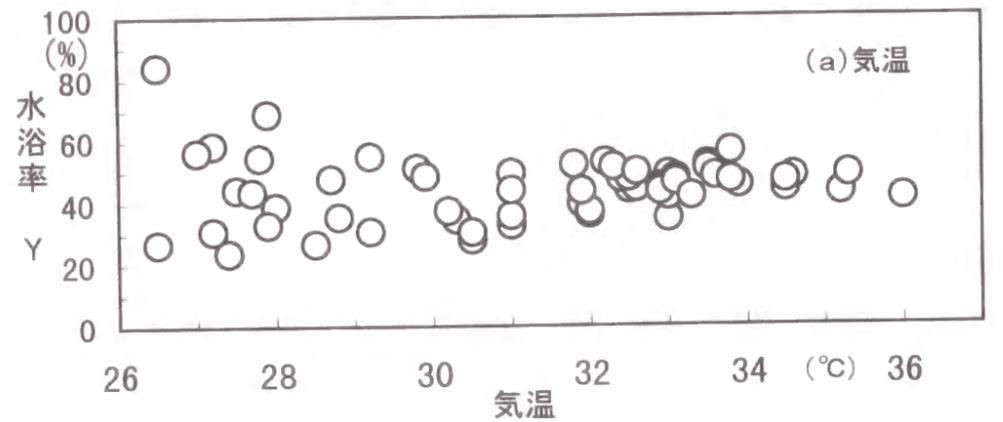


図-4.5 水浴率と気象との関係

中には、サービス施設やそれによるにぎわいなど、海辺の持つ開放的な雰囲気を求めてくるものも多く、海水浴場の計画に際し、サービス施設の重要性を軽視することはできない。したがって、ここでは、海水浴場における利用状況や利用者意識に及ぼすサービス施設の影響を明らかにしようとした。

4.3.1 須磨および淡輪海水浴場における利用状況の比較

須磨海水浴場では、アクセスである道路は国道2号線および阪神高速道路神戸線若宮ランプがすぐ側にあり、また鉄道はJR神戸線須磨駅および山陽電鉄須磨駅が隣接しており、交通基盤はいずれもかなり整っている。そのうえ、すぐ近くには海浜公園や水族園、国民宿舎、ヨットハーバー、魚釣公園などがあり、オールシーズンにぎわう海洋性リクリエーションの拠点として有名である。さらに、今回の調査対象とした公園前地区だけでも、海の家は23軒もあり、すぐ背後の海浜公園内には無料シャワーなどの施設も設置されている。一方、淡輪海水浴場は、アクセスとしては国道26号線と南海電鉄だけである。また、山地に囲まれた護岸背後は主に駐車場として利用されているが、そこに4軒の海の家とシャワーおよびトイレがそれぞれ3箇所ずつ設置されているだけである。また、すぐ近くには青少年海洋センターやヨットハーバーなど海洋性リクリエーション施設も立地しているが、それらは海水浴場の南端に固まっており、須磨海水浴場の周辺とはかなり異なる。海水浴場付近に豊かな自然が残されている点では淡輪のほうがやや優れ、交通基盤や海水浴場内およびその周辺の諸施設については、須磨のほうが整備されている。

図-4.6は、両海水浴場における1986年から90年までの7月と8月における利用者数と晴天日数である。これによると、88年までは両海水浴場の利用者数と晴天日数の変化はよく対応しており、いずれも若干ではあるが減少している。89年以降については、須磨では晴天日数の増加とともに利用者数も急増しているが、淡輪ではほとんど変化がみられず、晴天日数と利用者数の変化とは対応していない。したがって、86年以降の淡輪における利用者数の減少傾向は、晴天日数の影響だけによるものとはいえないであろう。この原因としては、淡輪海水浴場の近くに二つの人工海水浴場が開設されたことや、近隣の岬公園には複数のプールを有するレジャー施設が立地した影響もあろうが、須磨のようにアクセスや海の家などのサービス施設が充実していないことも、その一つとして考えられる。

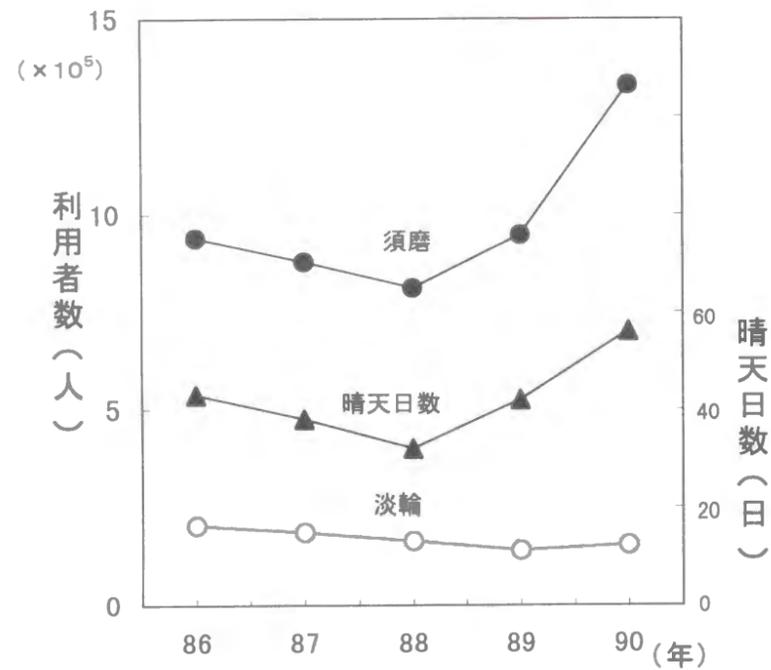


図-4.6 須磨および淡輪海水浴場における利用者数の推移

図-4.7は、アンケート対象者の住所である。なお、図中の数字はそれぞれの百分率である。これによると、須磨の利用者は、神戸市の須磨および長田区の地元の利用者が33%とかなり多いが、阪神間、大阪府北部および大阪市内などからの利用者もかなり多いことがわかる。さらに、淡輪のほうが距離的にも時間的にも近い松原市を含む大阪府南部からの利用者もいる。一方、淡輪の利用者は、地元の岬町と大阪市との間の利用者が圧倒的多数を占め、またそのほとんどが南海沿線もしくは国道26号線沿いに限定されている。このような差異の理由としては、交通基盤の充実度の違いが大きな要因と考えられる。また、図示はしていないが、各海水浴場までの所要時間が1時間以内の利用者は、須磨では約66%、淡輪では約38%であることから、須磨のほうが利用しやすい海水浴場であることがわかる。さらに、遠方からの利用者のほとんどは若年層であるが、これについては遠方からでもサービス施設の充実している須磨海水浴場を利用したいという若年層のニーズが現れた結果であろう。したがって、大都市近郊の海水浴場ではアクセスの整備を十分に行うとともに、利用者に遠方からでも利用したいと思わせるような魅力的な海水浴場にしていく必要がある。



図-4.7 須磨および淡輪海水浴場の海浜利用者の住所

図-4.8は、両海水浴場に来た動機、目的、海水浴場の選択理由および海水浴場の気に入った点を示した。動機および目的については、いずれの海水浴場もよく似た傾向を示している。なお、図示はしていないが、動機については、若年層で「遊び」、高年層で「家庭サービス」が多く、目的については、若年層で「日光浴」、高年層で「水泳」および「浜遊び」が多い。選択理由については、両海水浴場とも「近くて手頃」がもっとも多いが、淡輪では「水がきれい」と答えた人が約22%いる。気に入った点については、須磨では「にぎやかである」が約70%を占めているのに対し、淡輪では「浜や水がきれい」と答えた人がもっとも多い。このように両海水浴場で気に入った点が、明確に異なることは興味深い。さらに、これらのことを前述した利用者数の変化と合わせて考えてみると、大都市近郊型の海水浴場においては、もはや自然条件の整備だけでは集客力の増大にはつながらないようであり、海の家のようなサービス施設の充実が重要な要素になっているといえよう。

図-4.9は、両海水浴場の年間利用回数である。これによると、1回と答えた人は、須磨が19.3%、淡輪が32.8%と淡輪の利用者のほうがかなり多く、逆に6回以上と答えた人は、須磨が31.1%、淡輪が15.3%と須磨のほうがかなり多い。また、図示

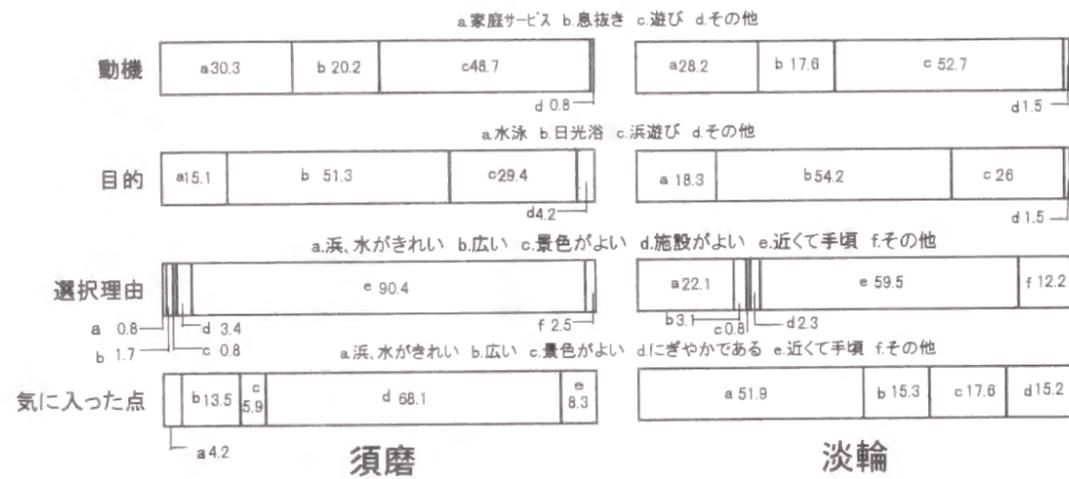


図-4.8 海水浴場に来た目的および海浜の選択理由

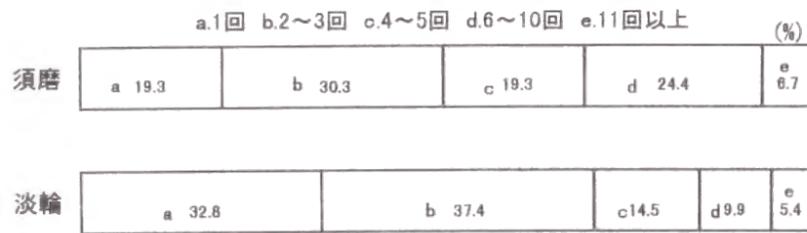


図-4.9 須磨および淡輪海水浴場の年間利用回数

はしていないが、須磨では6回以上の利用者は若年層に多く、3回以下の利用者は高齢層に多い。これについては、須磨では年間を通じて海浜が開放されていることと周辺に水族園や遊園地など海水浴シーズン以外にも利用できる施設があるため、若年層の人気を得ているものと思われる。したがって、常時海浜を開放しその背後に様々な施設を設置することによって、年間を通して海浜の利用者数を増加させることができ、また老若男女を問わず常に利用者が水辺に親しめる空間にすることができる。

図-4.10は、両海水浴場における水浴率の時間的変化である。これによると、護岸より背後の人数を含まない場合の水浴率は、須磨では平均26%、淡輪では平均48%と両海水浴場でかなり差があり、同じ海水浴で海浜を利用するにしても、須磨の利用者は水泳や浜遊びだけを目的として来ている人の割合が淡輪に比べて少ないこ

とがわかる。また、水浴率のピークが現れる時間は、いずれの海水浴場でも、気温がもっとも高い14時ごろであるが、その傾向については若干異なっている。すなわち、淡輪では水浴率が10時から14時までは時間の経過とともに増大しているのに対し、須磨では10時から12時にかけて水浴率は若干減少している。この原因については、海の家が多い須磨では、利用者が一挙に昼食や休憩をとることが可能であるのに対し、海の家が少ない淡輪では利用者が混雑を避けるために昼食時間や休憩時間をずらすためと推定される。

図-4.11は、両海水浴場における比利用密度の時間的変化である。なお、比利用

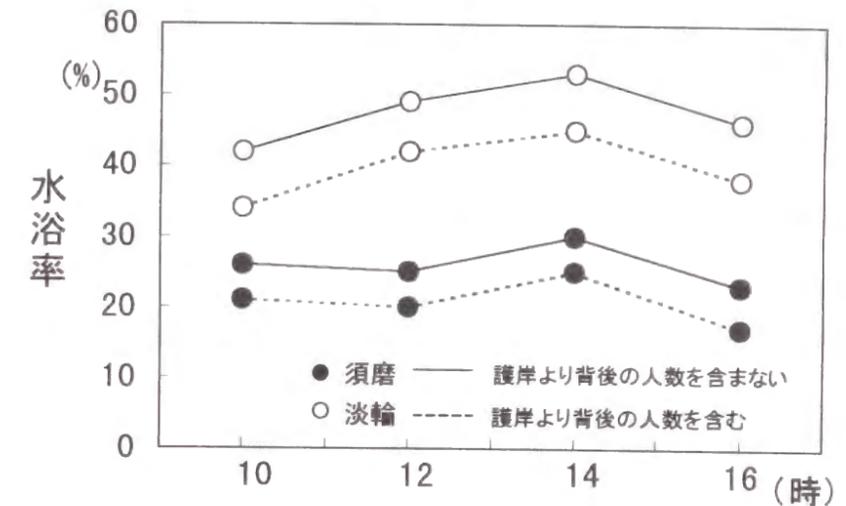


図-4.10 須磨および淡輪海水浴場における水浴率の時間変化

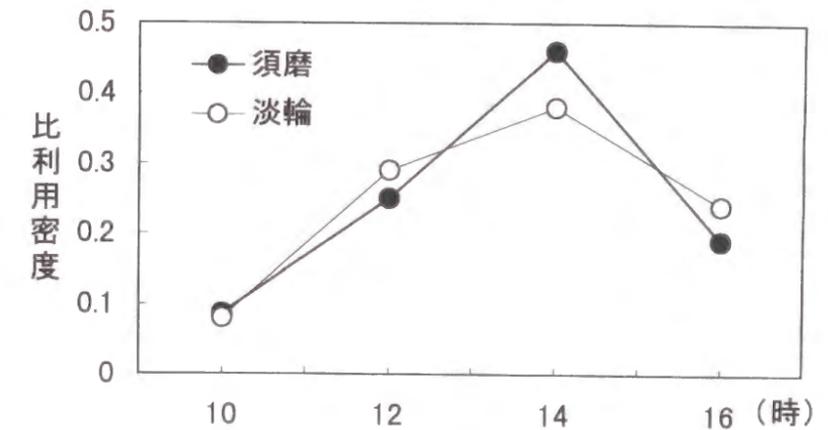


図-4.11 須磨および淡輪海水浴場における比利用密度の時間変化

密度とは、前述したように、その区域における各時間の利用密度の1日の合計を1とし、それに対する各時間ごとの利用密度の比である。これによると、いずれの海水浴場も比利用密度のピークは14時であるが、淡輪では10時から14時にかけて徐々にピークに達するのに対し、須磨では急激にピークに達している。また、12時と16時においては、須磨よりも淡輪のほうが比利用密度は高い。これについては、海水浴場背後の交通基盤が大きく影響しているものと思われる。すなわち、須磨に比べ一般的にアクセスが不備な淡輪では、利用者が道路渋滞および電車やバス等の混雑を考慮して、早い時間に海水浴場に到着し、ゆっくりと帰路につくためであろう。このことは、図示はしていないが、海浜利用者の利用時間が、須磨では3時間程度の人々がほぼ半数を占めているが、淡輪では30%程度である。また、逆に6時間以上の利用者は須磨が5%程度であるが、淡輪では約16%もあり、淡輪の利用者のほうが利用時間が長いことから推測される。

4.3.2 利用状況に及ぼすサービス施設の影響

図-4.12は、両海水浴場における海の家利用状況である。なお、この場合の海を家の洋風と和風の区別は、写真-4.1(a)のように店先、店内のいずれもデッキチェアやテーブルだけによるサービスを提供しているものを洋風、写真-4.1(b)のように店先にテーブルなども備え付けているが店内に昔ながらの蓑蓑を敷いた畳敷席が設置されている浜茶屋風のものを和風と定義した。図(a)の海を家の利用度によると、淡輪では90%以上、須磨では約70%の人が海の家を利用している。この差については、無料シャワーが設置されている須磨と設置されていない淡輪との違い、さらには利用者の利用時間の違いによるものであろう。図(b)の洋風・和風の海を家の

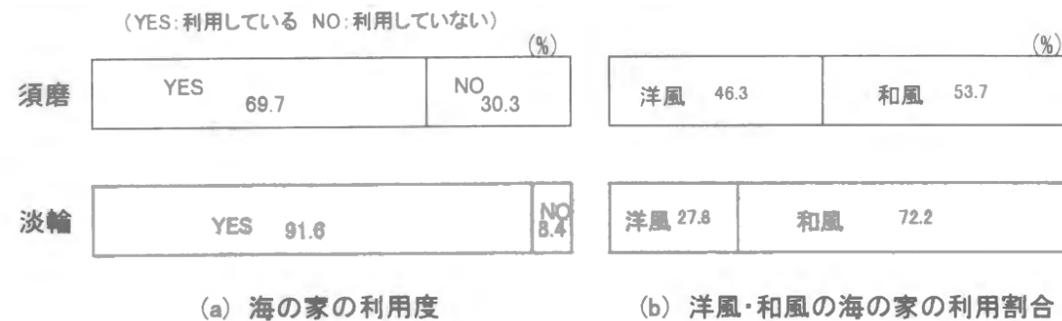


図-4.12 須磨および淡輪海水浴場における海を家の利用状況



(a) 洋風の海の家



(b) 和風の海の家

写真-4.1 海水浴場における海を家の

家の利用割合については、淡輪では海の家4軒のうち洋風のもが1軒であり、その利用者は約28%である。一方、和風が12軒、洋風が11軒の須磨では、ほぼ1:1の利用割合である。なお、図示はしていないが、両海水浴場の海の家和風・洋風の利用割合を年代別にみると、洋風の利用者は両海水浴場とも10~20代の若年層が圧倒的に多いが、和風の利用者は、若年層と高年層の比が須磨ではほぼ4:6、淡輪ではほぼ6:4であり差はない。これらのことから、海を家の割合も和風と洋風が1:1程度であることが望ましいようである。

図-4.13は、両海水浴場内における格子で表した利用者の位置と海を家の位置との関係を示した例である。なお、図中の線の太さは人数に比例し、数字はその区域からやって来た人数である。これによると、須磨および淡輪のいずれも和風の利用者がやって来る範囲は狭いのにに対し、洋風の利用者の範囲は広い。このように、洋風の利用者は砂浜で陣取った場所のすぐ背後の海の家を利用するのではなく、多少距離はあっても、気に入った海の家を利用しようとする人が多いことは興味深い。なかでも、大手企業がスポンサーになっているファッショナブルな海の家について

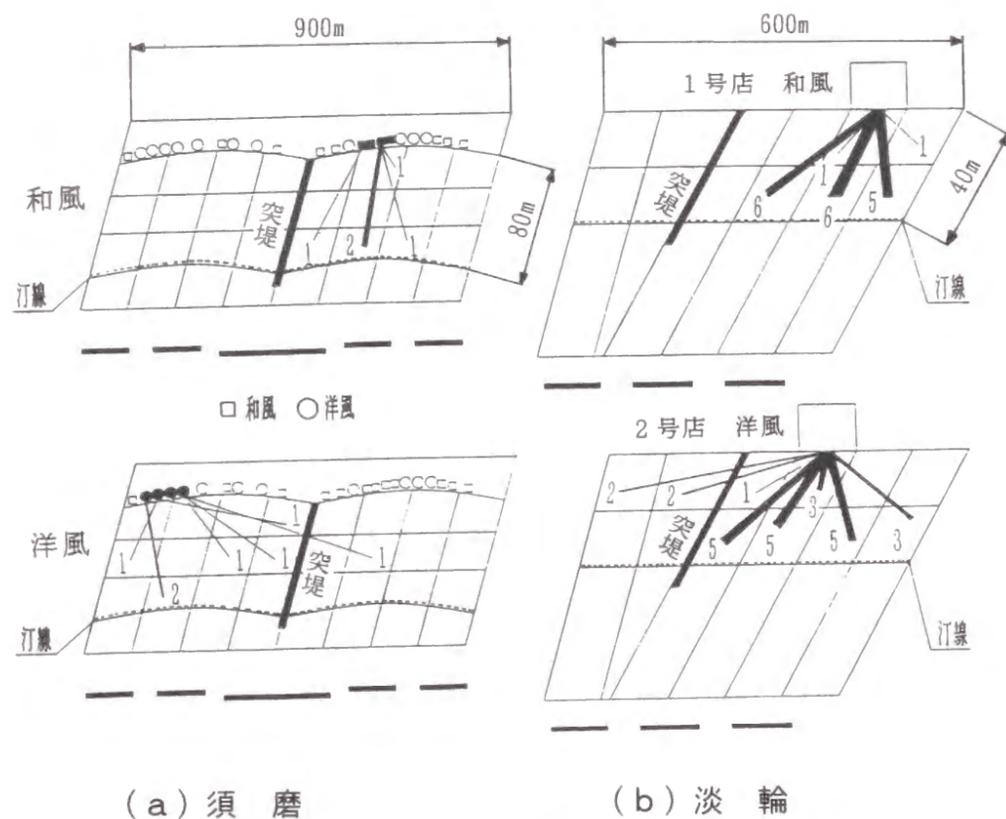


図-4.13 利用者の位置と海を家の位置との関係

は、この傾向が特に顕著であり、さらに、これらは海水浴場全体の雰囲気向上にも大きく貢献している。また、図示はしていないが、「なぜその場所に座ったか」という質問に対しては、和風の利用者のほとんどが「なんとなく」と答えているのに対し、洋風の利用者には「気に入った海の家があるから」と答える人もかなりみられた。さらに、利用者の海水浴場にきた目的や、海水浴場までの利用交通機関と砂浜における利用者の位置とを対応させてみても、「気に入った海の家がある」や「雰囲気がよい」などの理由で陣取る場所を選択する人がかなりいることも明らかになった。これらのことから、利用者には海の家に対してかなり個人の好みやこだわりを持っているものも多く、それが利用者分布にも大きな影響を与えていることが明らかになった。

表-4.3は、両海水浴場の砂浜に対する満足度である。これによると、満足していると答えた人は、須磨で約47%、淡輪で約56%であり、若干淡輪のほうが多い。また、不満点をみると、いずれの海水浴場においても「ゴミが多く汚い」や「砂が粗い」と答えた人が多い。しかし、「ビーチバレーコートやテニスコートが欲しい」と答えた人は須磨だけであり、実際にビーチバレーコートが設置されている淡輪では、このような不満は挙げられていない。これらのことから、砂浜のゴミなど環境面の管理を徹底して行い、またビーチバレーコートなどのレクリエーション施設を設置することも、利用者の砂浜に対する満足度の向上につながるものと思われる。

表-4.4は、両海水浴場の遊泳区域に対する満足度である。これによると、満足している人の割合は、いずれの海水浴場でも約65%であり、また、不満点についても「水が汚い」、「狭い」と答えた人が多く、両海水浴場とも「離岸堤をとって欲しい」と答えた人がいる。さらに、飛込台や休憩のための島など遊技施設の設置を望

表-4.3 砂浜に対する満足度

須磨		淡輪	
満足	47.0%	満足	55.7%
不満点	(人)	不満点	(人)
ゴミが多く汚い	55	砂が粗い	34
ビーチバレーコートやテニスコートがほしい	16	ゴミが多く汚い	28
砂が粗い	4	狭い	5
浜を広くしてほしい	1	砂が熱い	1

む人もみられる。これらのことから、海水浴場においては、景観を考慮して離岸堤を潜堤化すれば、圧迫感は和らぎ「狭い」という不満は少なくなると考えられる。またこれによって海水交換がよくなることも期待されるため「水が汚い」という不満もかなり解消されるものと思われる。さらに、遊技施設などの設置を行うことによっても、利用者の満足度は向上すると推定される。

表-4.5は、両海水浴場のサービス施設に対する満足度である。これによると、満足していると答えた人は、須磨が約70%、淡輪が約60%である。また、不満点については、淡輪では「海の家を増やして、にぎやかにして欲しい」や「トイレ」に関する不満がかなり多く、これらは基本的なサービス施設に対するものである。これ

表-4.4 遊泳水域に対する満足度

須磨		淡輪	
満足	65.5%	満足	65.6%
不満点	(人)	不満点	(人)
水が汚い	37	狭い	30
狭い	16	水が汚い	13
マリンスポーツを取り入れたい	9	離岸堤を取ってほしい	7
飛込台、島などの遊技施設がほしい	7	遊技施設がほしい	3
離岸堤を取ってほしい	3	波がない	2
		オイルフェンス	1

表-4.5 サービス施設に対する満足度

須磨		淡輪	
満足	71.4%	満足	60.3%
不満点	(人)	不満点	(人)
マリンスポーツ、リゾートホテル、プールなどを増やし、賑やかにしてほしい	20	海の家を増やし、賑やかにしてほしい	27
店の値段が高い	8	トイレが汚い	16
駐車場が狭い	6	トイレが遠い	5
砂浜にビーチパラソルを立ててほしい	2	トイレが少ない	4
もっとオシャレにしたい	1	もっとオシャレにしてほしい	4

に対して、須磨では「マリンスポーツの開店」、「リゾートホテルの建設」、「プール開設」、「遊ぶ施設を増やして欲しい」など現在以上ににぎやかにして欲しいという内容のものが多い。これらのことから、海水浴場におけるサービス施設の充実度の違いが利用者意識に大きく影響し、さらに、この違いがここ数年来の利用者数の変化の違いに拍車をかけているものと思われる。したがって、大都市近郊の海水浴場の計画に際しては、これまで軽視されがちであったサービス施設について、十二分な検討が必要であろう。

4.4 利用者の属性とその意識

高度経済成長期以降、全国各地で人工海浜が建設され、それらの多くが海水浴場として利用されているが、そこにおける利用者の満足度はあまり高くないようである。これは、建設された人工海浜が海岸保全施設として位置づけられているためやむを得ないことではあるが、実際には多くの人工海浜が海水浴場として利用されていることから、利用者の要望をとりいれた計画が望ましいものといえよう。しかしながら、利用者の要望やその海浜に対する満足度は、性別や年齢あるいは海浜の利用目的などによってかなり異なることが推測される。そこで、ここでは海浜条件などに対する利用者意識に及ぼす性別や年齢などの属性の違いによる影響を明らかにしようとした。

4.4.1 砂浜の広さと混み具合

表-4.6は、各海水浴場の砂浜の広さに対する利用者意識を示したものである。これによると、汀線延長がもっとも長い二色の浜で「狭い」、「やや狭い」と感じている人の割合が46%と高くなっているが、これについては、調査を行った1986年の7月と8月の総利用者数が約60万人であり、87年の淡輪海水浴場の約18万人、箱作海水浴場の約14万人に比較すると、約3~4倍の利用者数になっているためと考えられる。また、いずれの海水浴場においても砂浜の広さについては、10代から20代の若年層が30代以上の高年層に比べて「狭い」、「やや狭い」と感じている人の割合が高く、特に女性にその傾向が顕著にみられる。

表-4.7は二色の浜と淡輪海水浴場における砂浜の混み具合に関する利用者意識を示したものである。前者は、砂浜の広さに対して狭いと感じている人の割合がもっとも高い海水浴場である。一方、後者は前者に比べ海浜面積がかなり狭いにもかか

表-4.6 砂浜の広さに対する利用者意識

淡輪		広い	やや広い	適当	やや狭い	狭い
男	10代	16	9	59	9	7
	20代	16	8	53	12	11
	30代	20	11	55	7	7
	40代	13	12	56	8	11
女	10代	14	14	45	11	16
	20代	13	10	55	14	8
	30代	21	12	54	5	8
	40代	31	15	46	8	0
平均(%)		16	11	53	10	10

箱作		広い	やや広い	適当	やや狭い	狭い
男	10代	25	14	37	9	15
	20代	21	11	45	11	12
	30代	15	12	60	8	5
	40代	28	8	47	10	7
女	10代	15	7	46	7	25
	20代	18	8	45	11	18
	30代	26	7	56	9	2
	40代	18	14	58	5	5
平均(%)		20	9	48	9	14

二色の浜		広い	やや広い	適当	やや狭い	狭い
男	10代	10	2	39	17	32
	20代	4	4	44	22	26
	30代	4	5	51	18	22
	40代	3	1	55	18	23
女	10代	3	5	32	15	39
	20代	4	7	39	15	35
	30代	7	8	59	13	13
	40代	11	4	42	25	18
平均(%)		5	4	45	18	28

須磨公園		広い	やや広い	適当	やや狭い	狭い
男	10代	23	4	61	0	12
	20代	44	7	40	2	7
	30代	44	12	44	0	0
	40代	39	6	43	6	6
女	10代	19	6	59	8	8
	20代	17	13	60	7	3
	30代	41	11	40	4	4
	40代	100	0	0	0	0
平均(%)		33	8	49	4	6

須磨駅前		広い	やや広い	適当	やや狭い	狭い
男	10代	21	18	29	18	14
	20代	22	8	36	8	26
	30代	25	0	35	20	20
	40代	18	6	52	9	15
女	10代	18	2	47	3	30
	20代	21	5	38	21	15
	30代	4	9	53	17	17
	40代	14	0	57	29	0
平均(%)		19	6	42	13	20

表-4.7 砂浜の混み具合に対する利用者意識

淡輪		すいている	ややすいている	普通	やや混んでいる	混んでいる
男	10代	17	9	40	20	14
	20代	21	14	48	6	11
	30代	23	13	48	11	5
	40代	20	24	49	4	3
女	10代	18	11	43	12	16
	20代	23	22	33	12	10
	30代	13	15	49	15	8
	40代	8	15	46	27	4
平均(%)		19	15	44	12	10

二色の浜		すいている	ややすいている	普通	やや混んでいる	混んでいる
男	10代	0	14	29	17	40
	20代	6	8	41	21	24
	30代	5	6	52	15	22
	40代	1	10	59	11	19
女	10代	3	6	34	15	42
	20代	3	12	28	22	35
	30代	2	20	41	20	17
	40代	7	0	65	14	14
平均(%)		3	10	42	17	28

わらず砂浜の広さに対して狭いと感じている人の割合が低い海水浴場である。これによると、二色の浜で「混んでいる」と感じている人の割合が高くなっており、淡輪では「すいている」と感じている人の割合が高くなっている。このことから、砂浜の広さについてはその混み具合と密接な関係があることがわかる。また、砂浜の混み具合について性別に関係なく若年層のほうが高年層に比べて「混んでいる」、「やや混んでいる」と感じている人の割合が高い。このように砂浜の広さやその混み具合に対しては、若年層のほうが厳しい見方をしていることが見出されている。この理由としては、海水浴場へ来る目的や動機の違いが大きく影響しているものと考えられるので、表-4.8のように淡輪海水浴場における利用者の年齢・性別ごとの海水浴場へ来た目的や動機を調べた。これによると、性別に関係なく若年層では、日光浴を目的に来た人の割合が約60%以上であるのに対して、高年層の利用者は、水泳を目的に来た人の割合がもっとも高くなっている。海水浴場へ来た動機についても、性別に関係なく、若年層では、遊びを目的に来ている人の割合が高いのに対して、高年層の利用者は、家庭サービスのために来た人の割合が高い。このように、海水浴場へ来た目的や動機に関する調査結果からもわかるように、若年層のほうが

表-4.8 海水浴場に来る目的と動機

目的	水泳	日光浴	浜遊び	その他	
男	10代	19	58	14	9
	20代	16	59	15	10
	30代	34	14	38	14
	40代	50	26	16	8
女	10代	19	63	14	4
	20代	8	69	18	5
	30代	39	25	33	3
	40代	50	19	31	0
平均(%)	25	49	19	7	

動機	家庭サービス	息抜き	遊び	その他	
男	10代	1	15	82	2
	20代	5	18	75	2
	30代	62	16	13	9
	40代	64	12	12	12
女	10代	0	8	86	6
	20代	7	25	67	1
	30代	38	10	47	5
	40代	50	19	23	8
平均(%)	20	15	60	5	

砂浜を直接利用することが多く、このことが、砂浜の広さや混み具合に対しては性別よりも年齢による違いの影響が顕著に表れる原因と考えられる。なお、これらの傾向はいずれの海水浴場についても同様であるため、利用者意識に及ぼす養浜の施工規模の影響はあまりないようである。

4.4.2 海浜勾配

各海水浴場における汀線から水深2mまでの平均海底勾配は淡輪が1/15、箱作が1/14、二色の浜が1/29、須磨公園前が1/10、須磨駅前が1/20である。これらのうち海底勾配がもっとも急な須磨公園前ともっとも緩い二色の浜における利用者意識を示したものが表-4.9である。これによると、海底勾配がもっとも急な須磨公園前では「やや急」、「急」と答えた人の割合は52%であり、半数以上の人々が満足していないことがわかる。これに対して、海底勾配がもっとも緩やかな二色の浜では12%とかなり低い割合になっている。また、「適当」と感じている人の割合は、須磨公園前では42%であるが、海底勾配が緩くなるほど多くなり、海底勾配が1/29の二色の浜では64%でもっとも多くなっている。なお、海底勾配に対する利用者意識には、その年齢や性別による違いの影響は、各海水浴場においてもあまり顕著にはみられ

表-4.9 海底勾配に対する利用者意識

二色の浜	緩い	やや緩い	適当	やや急	急	
男	10代	13	11	57	12	7
	20代	21	12	56	10	1
	30代	13	11	68	5	3
	40代	12	10	66	7	5
女	10代	20	5	62	11	2
	20代	12	11	69	6	2
	30代	15	5	67	8	5
	40代	12	8	72	8	0
平均(%)	15	9	64	9	3	

須磨公園	緩い	やや緩い	適当	やや急	急	
男	10代	8	4	34	12	42
	20代	2	2	45	24	27
	30代	0	8	36	20	36
	40代	0	0	37	39	24
女	10代	4	8	44	21	23
	20代	0	3	53	27	17
	30代	0	4	40	26	30
	40代	0	0	50	25	25
平均(%)	2	4	42	25	27	

ない。したがって、海底勾配に対する利用者意識には利用者の属性や施工規模はほとんど影響しないといえよう。しかし、海底勾配は遊泳区域での利用者分布には影響を与える。たとえば、海底勾配が急な箱作と海底勾配が緩やかな二色の浜とでは、利用者分布に大きな違いがみられる。これは、利用者は足の届く範囲で泳ぐ傾向があり、海底勾配の急な場合は、汀線から10~20mまでに利用者が集中し、海底勾配が緩い場合には利用者は汀線から30~40m付近まで広範囲に分布している。したがって、遊泳区域の面積が同じであっても、海底勾配が緩やかなほど遊泳区域での混雑が緩和できるものと考えられる。砂浜の勾配については、いずれの海水浴場についても、海底勾配と同じか、それよりも急であるが、「適当」と感じている利用者はいずれも70%以上になっており、この場合も年齢・性別および施工規模の違いによる影響はあまりみられない。

4.4.3 底質

表-4.10は、各海水浴場の砂浜の底質に対する利用者意識を示したものである。各海水浴場における調査時の砂浜における底質の中央粒径は、淡輪が1.24mm、箱作が1.21mm、二色の浜が0.49mm、須磨公園前が0.92mm、須磨駅前が0.32mmである。こ

表-4. 10 砂浜の底質に対する利用者意識

淡輪		細い	やや細い	適当	やや粗い	粗い
男	10代	3	3	17	40	37
	20代	1	1	23	31	44
	30代	4	0	25	28	43
	40代	1	0	40	34	25
女	10代	2	3	16	30	49
	20代	2	0	22	26	50
	30代	2	2	32	23	41
	40代	0	0	58	15	27
平均(%)		2	1	25	31	41

箱作		細い	やや細い	適当	やや粗い	粗い
男	10代	0	4	31	32	33
	20代	1	4	12	36	47
	30代	3	7	33	30	27
	40代	3	7	38	31	21
女	10代	3	4	21	19	53
	20代	1	3	21	21	54
	30代	0	2	35	33	30
	40代	0	4	32	32	32
平均(%)		2	4	25	27	42

二色の浜		細い	やや細い	適当	やや粗い	粗い
男	10代	5	4	29	26	36
	20代	0	4	32	26	38
	30代	0	3	44	30	23
	40代	7	3	54	19	17
女	10代	1	1	30	20	48
	20代	0	0	31	26	43
	30代	0	5	33	27	35
	40代	7	11	46	18	18
平均(%)		2	3	37	24	34

須磨公園		細い	やや細い	適当	やや粗い	粗い
男	10代	8	0	31	15	46
	20代	4	0	42	34	20
	30代	4	8	40	28	20
	40代	6	12	61	12	9
女	10代	4	0	46	21	29
	20代	3	7	36	27	27
	30代	4	7	70	19	0
	40代	0	25	25	25	25
平均(%)		5	5	45	23	22

須磨駅前		細い	やや細い	適当	やや粗い	粗い
男	10代	0	11	67	11	11
	20代	7	7	54	21	11
	30代	10	5	70	0	15
	40代	3	3	76	6	12
女	10代	18	7	60	7	8
	20代	7	14	49	2	28
	30代	23	5	58	9	5
	40代	14	29	57	0	0
平均(%)		10	8	61	8	13

れによると、中央粒径が1mm以上の淡輪と箱作では、「適当」と感じている人の割合が30%未満であり、逆に、「粗い」と感じている人の割合が40%程度と高くなっている。さらに、中央粒径の平均が1mm以下であっても、0.92mmの須磨公園前と0.32mmの須磨駅前とはかなりの差がみられる。すなわち、須磨公園前では「やや粗い」および「粗い」と感じている人の割合が40%以上になっているのに対して、須磨駅前では約20%である。また、「適当」と感じている人の割合についても、須磨駅前では60%以上と高いが、須磨公園前では45%程度と低い。なお、この場合については、須磨公園前が土砂の投入によって拡張された海浜であるのに対して、須磨駅前は、突堤や離岸堤は設置されているものの、土砂の投入がまだ行われていない自然海浜に近いこと、その底質も波によって淘汰され、粒径が一様で貝殻混入率の少ないものであることも影響しているものと思われる。さらに、須磨公園前と二色の浜のものを比較すると、須磨公園前のものの中央粒径が大きいにもかかわらず、「適当」と感じている人の割合が多くなっている。これについては、底質の淘汰係数(2.でも述べた $S_v = \sqrt{d_{10}/d_{90}}$ で表される底質粒度組成の均一度の指標)が影響するようであり、その値は須磨公園前では1.01、二色の浜は2.15となっている。したがって、須磨公園前のもののほうが中央粒径は大きい、粒径が一様な砂であるため、利用者の満足度が高くなっているものと思われる。さらに、年齢や性別による利用者意識の違いについては、いずれの海水浴場でも10代や20代の若年層の人に「粗い」と感じている人の割合が高く、特に、この傾向は女性のほうが顕著である。一方、高年層では「適当」と感じている人の割合が高くなっている。これらのことから、砂浜の底質に対する利用者意識には、底質の粒径や淘汰係数あるいは貝殻混入率(2.でも述べた底質に含まれている貝殻の重量百分率)などが大きく影響し、性別や年齢によってもかなり異なることがわかる。このように同じ特性をもつ底質であっても、年齢や性別によって利用者意識が異なる原因としては、前述したように、若年層では日光浴を目的として海水浴場へ来る人の割合が高いためであろう。

4.4.4 水質

表-4.11は、海水浴場における水質に対する利用者意識を示したものである。各海水浴場における透視度(2.でも述べたように JIS K 0101 9 による)は淡輪で95cm、箱作で89cm、二色の浜で56cm、須磨公園前で92cm、須磨駅前で74cmであった。これによると、透視度のもっとも低い二色の浜では、「汚い」と感じている人の割

表-4. 11 水質に対する利用者意識

淡輪		きれい	ややきれい	普通	やや汚い	汚い
男	10代	10	17	18	27	28
	20代	15	13	36	19	17
	30代	16	16	34	20	14
	40代	20	20	28	20	12
女	10代	17	17	19	20	27
	20代	17	15	20	22	26
	30代	21	18	20	29	12
	40代	19	35	16	15	15
平均(%)		16	17	24	22	21

箱作		きれい	ややきれい	普通	やや汚い	汚い
男	10代	15	14	31	21	19
	20代	15	13	25	22	25
	30代	18	24	28	21	9
	40代	25	28	21	20	6
女	10代	15	17	23	19	26
	20代	9	18	33	17	23
	30代	16	23	36	16	9
	40代	41	9	22	14	14
平均(%)		16	18	28	19	19

二色の浜		きれい	ややきれい	普通	やや汚い	汚い
男	10代	2	4	5	17	72
	20代	1	2	5	18	74
	30代	3	9	11	23	54
	40代	1	7	15	16	61
女	10代	0	1	3	12	84
	20代	0	4	10	20	66
	30代	0	7	12	15	66
	40代	0	4	14	7	75
平均(%)		1	5	9	17	68

須磨公園		きれい	ややきれい	普通	やや汚い	汚い
男	10代	12	8	15	27	38
	20代	4	2	4	27	63
	30代	4	16	16	16	48
	40代	9	12	18	15	46
女	10代	4	2	6	14	74
	20代	3	3	3	10	81
	30代	11	11	4	19	55
	40代	50	0	0	25	25
平均(%)		7	7	9	18	59

須磨駅前		きれい	ややきれい	普通	やや汚い	汚い
男	10代	0	0	4	18	78
	20代	7	0	4	21	68
	30代	0	5	15	20	60
	40代	3	18	12	15	52
女	10代	0	2	8	8	82
	20代	0	2	12	9	77
	30代	4	9	13	9	65
	40代	14	14	0	0	72
平均(%)		2	5	9	13	71

合は70%程度であるが、透視度の高い淡輪、箱作については約20%である。しかし、須磨については、透視度が淡輪と同じ程度の公園前であっても「汚い」と感じている人の割合が59%である。この違いの原因については明らかではないが、須磨公園前では不透水性の大規模な離岸堤があるため、利用者は海水交換が悪いという意識をあらかじめもっているためと考えられる。また、淡輪などに比べて、浮遊物が多く、このことが利用者の透視度に対する意識にまで影響を及ぼしている可能性がある。

浮遊物については、表示はしていないが、二色の浜、須磨公園前、須磨駅前の利用者に「多い」と感じている人の割合が高い。その内容としては、二色の浜では「わかめ」と答えた人が多く、須磨の両海水浴場では「ビニール」や「油膜」と答えた人が多い。

水質に対する利用者意識を年齢や性別ごとにみると、いずれの海水浴場でも若年層に「汚い」と感じている人の割合が高く、特に、この場合も女性のほうが顕著である。このことは、いずれの海水浴場においても若年層の女性の多くが海水浴場の評価基準の第一位として、「水がきれい」ことをあげているためと考えられる。

4.4.5 波高

各海水浴場における調査時の波高（2.でも述べたように、水深1m地点における約2分間の最高水位と最低水位の差）は、淡輪が6cm、箱作が10cm、二色の浜が4cm、須磨公園前が19cm、須磨駅前が19cmである。表-4.12は波高が10cmの箱作と20cm程度の須磨駅前における波高に対する利用者意識を示したものである。これによると、波高が10cmの箱作では「低い」と感じている人の割合が約46%と高く、波高が20cm程度の須磨駅前では20%以下である。また、「適当」と感じている人の割合についても、波高が小さい場合のほうが、大きい場合に比べて低くなっている。したがって、波高は大き過ぎても小さ過ぎても利用者の満足度が低くなることから、最適波高が存在するようである。また、これを年齢や性別ごとにみると、いずれの海水浴場でも性別に関係なく、若年層では「低い」と感じている人の割合が、高年層では「適当」と感じている人の割合がそれぞれ高くなっている。これは、4.3.1で述べたように若年層と高年層とでは海水浴場に来る目的などが異なっているためであろう。すなわち、若年層の利用者は遊びを目的としている人が多いことから、10cm程度の波高ではものたりなさを感じ、高年層の利用者は家庭サービスで来た人の割合

表-4.12 波高に対する利用者意識

箱	作	低い	やや低い	適当	やや高い	高い
男	10代	54	10	32	4	0
	20代	60	7	29	4	0
	30代	41	15	37	5	2
	40代	26	12	54	8	0
女	10代	46	19	30	3	2
	20代	50	16	29	4	1
	30代	23	14	54	7	2
	40代	27	5	63	0	5
平均(%)		46	13	36	4	1

須磨駅前	低い	やや低い	適当	やや高い	高い	
男	10代	29	42	29	0	0
	20代	21	32	36	11	0
	30代	10	5	85	0	0
	40代	18	9	67	6	0
女	10代	23	25	49	3	0
	20代	19	21	48	12	0
	30代	9	9	73	9	0
	40代	0	29	57	14	0
平均(%)		19	22	53	6	0

が高いため、小さい波高が子供を遊ばせるには安全であると考えているようである。以上のことから、海水浴場の最適波高は、年齢や性別によって異なるため、著者らがすでに提案しているように、海岸構造物の配置や地形などを変化させることによって、同一海水浴場内において大小の波高が存在するように考慮することが望ましい。

4.5 人工養浜の満足度の変化

ここでは、淡輪海水浴場における砂浜の面積、利用密度、海底勾配、底質の中央粒径、水温、海水の透視度および波高に対する利用者の満足度を経年的に検討し、利用者の安全性と快適性の観点から、海水浴場として利用される人工海浜の望ましい条件を見い出そうとした。

図-4.14は、これらの海浜面積とそれに対する満足度の経年変化を示したものである。なお、左縦軸の満足度は、砂浜の広さに対して、「広い」、「やや広い」、「適当」と答えた者の全調査者に対する比である。また、淡輪海水浴場の砂浜面積は、1982年の海水浴場開設時には約18,000m²であったが、85年には約26,400m²に拡張された。これによると、砂浜の面積とその満足度との変化はきわめてよい対応を示し、

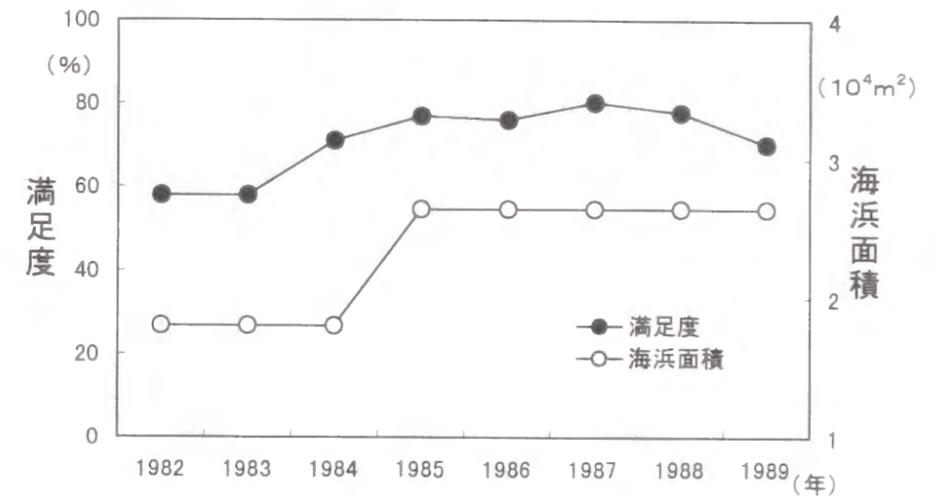


図-4.14 海浜面積に対する満足度の経年変化

平日だけの調査であった84年を除き、砂浜の拡張前は利用者の満足度が60%以下であったが、拡張された85年以降は、いずれも70%以上に増加しており、砂浜拡張の効果が明瞭に現れている。このように、砂浜面積の拡大が利用者の満足度の向上にきわめて効果的であることがわかる。また、図示はしていないが、利用者の少ない東部の区域を利用したものだけの満足度は高くなっており、砂浜の広さに対する利用者意識は、単に砂浜の面積だけではなく、利用密度も大きく影響するようである。

図-4.15は、砂浜の利用密度とそれに対する満足度の経年変化を示したものである。なお、左縦軸の満足度は、混み具合に対して、「すいている」、「ややすいている」、「普通」と答えた者の全調査者に対する比である。これによると、砂浜の利用密度とその満足度との変化もきわめてよく対応していることがわかる。1982年と89年のものを比較すると、利用密度は、89年のほうが大きくなっている。この原因としては、85年にこの浜の北側が養浜され汀線の長さが400mから600mに延長されたことのほかに、図-4.1に示したような利用者数の減少によるものと考えられる。

図-4.16は、海底勾配とそれに対する満足度の経年変化を示したものである。なお、左縦軸の満足度は、海底勾配に対して、「適当」と答えた者の全調査者に対する比である。これによると、海底勾配に関する満足度は、1984年以降は年々上昇しているが、海底勾配は年ごとにかなり変化している。このことから、海底勾配が1/10~1/18程度であれば、それに対する利用者の意識にはあまり変化がないものといえよう。

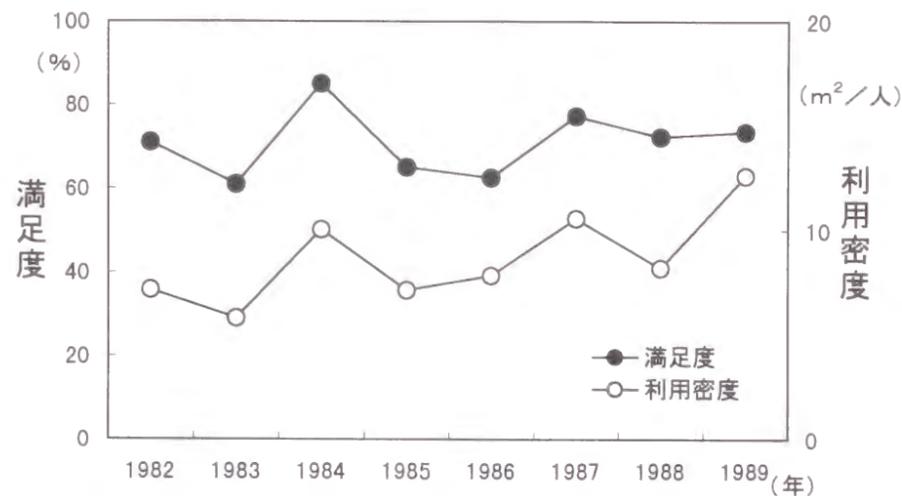


図-4.15 利用密度に対する満足度の経年変化

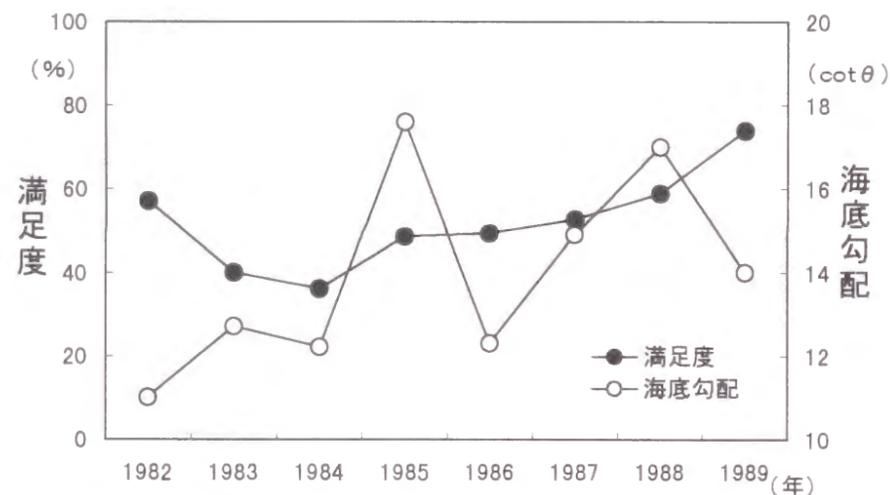


図-4.16 海底勾配に対する満足度の経年変化

図-4.17は、砂浜における底質の中央粒径とそれに対する満足度の経年変化を示したものである。なお、左縦軸の満足度は、砂浜の底質に対して、「適当」と答えた者の全調査者に対する比である。これによると、砂浜における底質の中央粒径とその満足度との変化はほぼ対応していることがわかる。しかし、1986年まで約40%程度であった満足度が、88年以降は約30%に低下している。中央粒径に大きな変化がないにもかかわらず、88年以降満足度が低下していることは、利用者の砂浜に対する質的な要望が高まったことを示唆しているものといえよう。

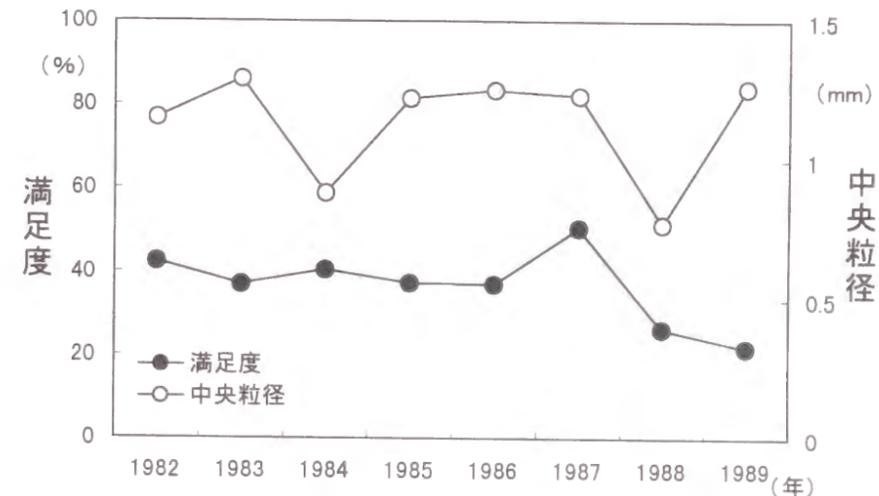


図-4.17 底質粒径に対する満足度の経年変化

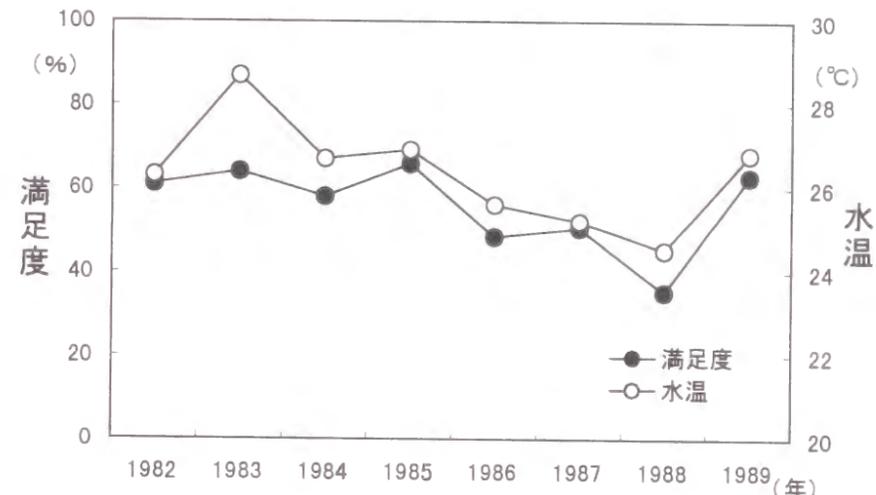


図-4.18 水温に対する満足度の経年変化

図-4.18は、水温とそれに対する満足度の経年変化を示したものである。なお、左縦軸の満足度は、水温に対して、「適当」と答えた者の全調査者に対する比である。これによると、水温とその満足度との変化はきわめてよく対応しているが、水温が26°Cより低くなると、満足度はかなり低下するようである。また、水温に関する利用者の意識には、気温と水温の差、天候、風なども大きく影響するものと考えられる。

図-4.19は、海水の透視度とそれに対する満足度の経年変化を示したものである。なお、左縦軸の満足度は、海水に対して、「きれい」、「ややきれい」、「普通」と答えた者の全調査者に対する比である。これによると、海水の透視度とその満足度の変化もきわめてよい対応を示している。しかし、ここ数年については、透視度が高いにもかかわらず、満足度はやや低下する傾向がみられる。このことは、浮遊物の有無も関係しているものと思われるが、利用者が海水の透視度に関してかなり厳しい評価をするようになってきたことを示している。

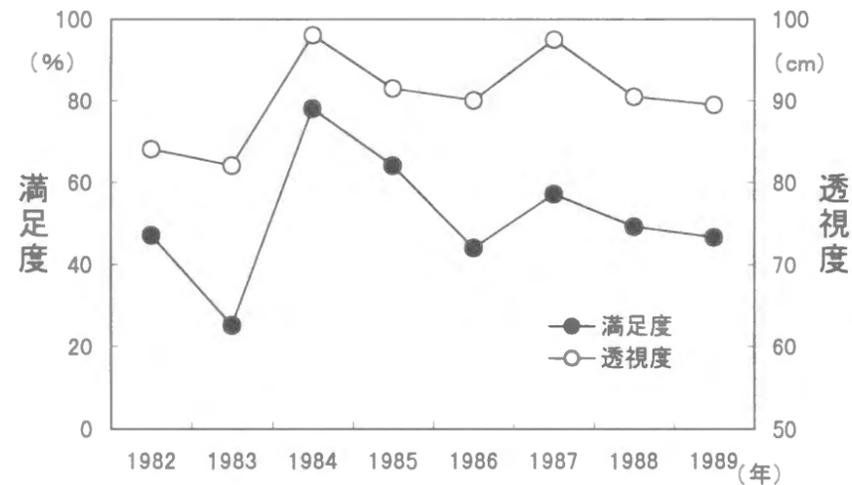


図-4.19 透視度に対する満足度の経年変化

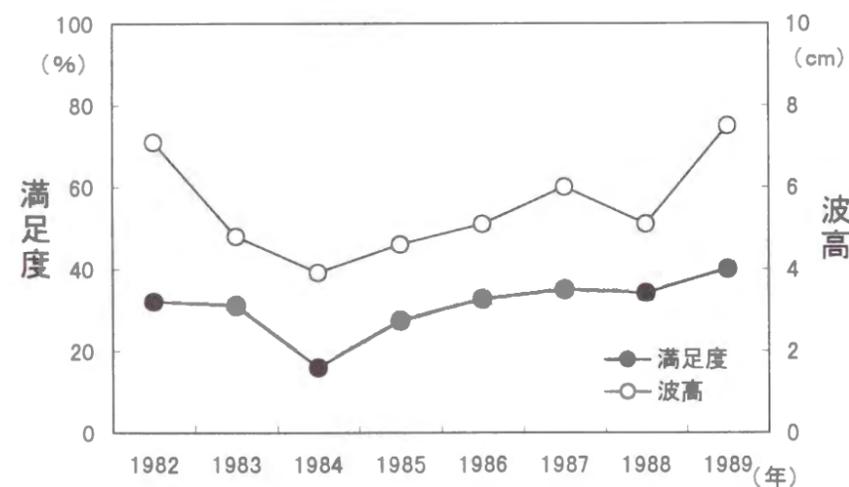


図-4.20 波高に対する満足度の経年変化

図-4.20は、波高とそれに対する満足度の経年変化を示したものである。なお、左縦軸の満足度は、波高に対して、「適当」と答えた者の全調査者に対する比である。これによると、波高とその満足度の変化もよく対応している。淡輪での波高は、つねに10cm以下であり、この程度の波高では、高年層は子供連れが多いため満足している人の割合が高いが、全体的な満足度は40%以下である。特に、この傾向は若年層に著しい。したがって、海水浴場周辺に各種の海岸構造物を設置することによって人工的に波高の異なった水域を設けるなど、多くの利用者を満足させるような配慮が必要である。

4.6 結語

以上、本章では、海水浴場としての人工海浜がもつべき条件を、利用者の安全性と快適性の観点から明らかにする目的で、砂浜海浜リゾートの利用形態、サービス施設の変遷と利用状況、利用者の属性とその意識および人工養浜の海水浴場に対する満足度の変化などについて検討を行ってきた。それらの結果を要約すると、次のようである。

1) 砂浜海浜リゾートの利用形態について

- 1) 既存の海水浴場においては、周辺地域に新しい海水浴場が新設されるたびに、年間利用者数が減少し、人工海浜による海水浴場の新設が既存のものの混雑緩和にきわめて有効である。
- 2) 海水浴場におけるイベントの開催は、一時的な集客効果は有するが、シーズンを通しての効果は期待できない。
- 3) 海水浴場を分断している突堤は、利用者によって海水浴場が閉鎖されているように感じさせるため、海水浴場内の突堤の数はなるべく少なくし、海水浴場全体を大きな一つの空間にすることが望ましい。
- 4) 淡輪海水浴場における水浴率は、利用者数や気象および海象条件にかかわらずほぼ40%程度であるため、海水浴場として利用される人工海浜の場合、できるかぎり海底勾配を緩くするなど、水深1m（水深が1mより深くなると、極端に利用者数が減少するため）までの水域面積を広くすべきである。

II) サービス施設の変遷と利用状況について

- 1) 海水浴場までのアクセスである鉄道や道路などの交通基盤が整備されている須磨では、かなり広範な地域からの利用者が集まっているが、国道26号線および南海電鉄しかない淡輪では、利用者のほとんどがそれらの沿線を中心とした大阪府下の人限定されている。
- 2) 両海水浴場における利用者数の推移については、ここ数年の傾向がかなり異なっている。すなわち、須磨では利用者数が急増しているが、淡輪ではほとんど変化していない。また、須磨と淡輪では、利用者が海水浴場を選択する理由がかなり異なり、大都市近郊型の海水浴場においては、もはや自然環境条件の整備だけでは集客効果は期待できないといえよう。
- 3) 須磨海水浴場の利用者は、淡輪のものに比べ長時間利用者の割合は少ないが、年間利用回数は多い。このことは、須磨のほうが海水浴場において多様な楽しみ方ができることを示している。
- 4) 須磨海水浴場における水浴率は、淡輪のものに比べかなり低く、海水浴以外にも、海の家などを積極的に利用していることがわかる。
- 5) 大手企業がスポンサーの海の家は、海水浴場全体の雰囲気向上させるとともに、集客効果も発揮している。
- 6) 海水浴場において、利用者が洋風、和風のいずれの海の家を選択するかは、利用者の属性によって異なり、それぞれの利用者の海水浴場における行動パターンもかなり異なる。
- 7) 淡輪の利用者は、須磨のものに比べ、トイレ、更衣室およびシャワーなどのサービス施設充実についての要望が高い。

III) 利用者意識に及ぼす利用者の属性の影響について

- 1) 砂浜の広さや混み具合に対する利用者意識には、海水浴場に来る目的や動機が大きく影響する。すなわち、若年層では日光浴、高年層では家庭サービスのために来る人が多いため、性別よりも年齢の影響が顕著に現れ、若年層が厳しい評価をしている。また、このことはいずれの海水浴場においても同じである。
- 2) 汀線から水深2mまでの平均海底勾配が1/10から1/30程度であれば、いずれの海水浴場でも、それに対する利用者意識には年齢や性別による違いはほとんどみられない。

- 3) 砂浜の底質に対する利用者意識は、年齢や性別によってかなり異なる。特に、若年層は底質の粒径が同じでも「粗い」と感じる人が多く、なかでも女性にその傾向が顕著である。また、底質の中央粒径が0.3~1.2mm程度であれば、粒径よりも貝殻混入率や淘汰係数のほうが大きく影響する。
- 4) 海水の透視度に対する利用者意識は、いずれの海水浴場においても年齢や性別によって変化する。特に、若年層は水質に対してかなり厳しい評価をしている人が多く、これについても女性のほうが顕著である。
- 5) 波高についての利用者意識には、性別よりも年齢の影響が顕著に現れる。

IV) 人工養浜の満足度の変化について

- 1) 砂浜面積の拡大は利用者の満足度の向上にきわめて効果的である。また、砂浜の広さに対する利用者意識は、単に砂浜の面積だけではなく、利用密度も大きく影響する。
- 2) 海底勾配は年ごとにかかなり変化しているが、1/10~1/18程度であればそれに対する利用者の意識にはあまり変化がない。
- 3) 砂浜における底質の中央粒径とその満足度との変化はほぼ対応する。しかし、中央粒径に大きな変化がないにもかかわらず、年々満足度は低下する傾向をみせている。これは、利用者の砂浜に対する質的な要望が高まっているためである。
- 4) 水温とその満足度との変化はきわめてよく対応し、特に、水温が26℃より低くなると満足度はかなり低下する。また、水温に関する利用者の意識には、気温と水温の差、天候、風なども大きく影響する。
- 5) 海水の透視度とその満足度の変化もきわめてよい対応を示す。しかし、ここ数年については、透視度が高いにもかかわらず満足度はやや低下する傾向がみられる。これは、浮遊物の有無にも関係しているが、利用者が海水の透視度に関して年々厳しい評価をするようになってきているためである。
- 6) 波高が10cm以下の低い場合、満足している人の割合は高年層では子供連れが多いため高いが、若年層では低い。したがって、波高の異なった水域を設けるなど、多くの利用者を満足させるような配慮が必要である。

参考文献

- 1) 海岸長期ビジョン懇談会 編：海岸長期ビジョン，p.2，1997.
- 2) 松井貞二郎・立石英機・磯部雅彦・渡辺 晃・三村信男・柴崎亮介：海面上昇に伴う日本沿岸域の浸水影響予測，海岸工学論文集，第39巻，pp.1031～1035，1992.
- 3) 堀川清司：21世紀に向けての海辺の創造，波となぎさ，第128号，pp.2～3，1996.
- 4) 中小企業庁小規模企業部サービス業振興室編：海洋性レジャーのビジョン—大都市圏居住者の「海のある暮らし」の実現に向けて—，大蔵省印刷局，pp.5～13，1992.
- 5) 建設省河川局海岸課 監修：明日への海洋開発—豊かな国土づくりを目指して—，（社）全国海岸協会，pp.32～36，1986.
- 6) 丸田頼一 編：リゾート開発計画論—地域形成とリゾートコンプレックス—，ソフトサイエンス社，pp.50～54，1989.
- 7) 運輸省港湾局（人工海浜建設技術開発ワーキング・グループ）：人工海浜の建設技術マニュアル，pp.1～5，1979.
- 8) 三宅光一：21世紀に向けた豊かな海辺の創造—第6次海岸事業五箇年計画及び平成8年度港湾海岸事業等概算要求—，波となぎさ，第127号，pp.25～33，1995.
- 9) 海岸保全施設築造基準連絡協議会編：改訂 海岸保全施設築造基準解説，pp.235～242，1987.

5. 海浜リゾートの設計法

5.1 概説

我が国は島国であるため、古くから海との結びつきは強いが、沿岸域がリクリエーションの場として活用されるようになったのは最近であり、明治初期に医学療法の一つとして海水浴が導入されたのが始まりである。しかし、海水浴が一般市民に普及して以来、海浜でのリクリエーションは時代の要請を受けながら多様化し発展してきた。一方、近年、都市化の進展や生活空間の高密度化に伴い、自然と親しめる空間やオープンスペースが減少してきており、そのため、身近な緑や水のある場所を求める人々の希求行動が顕在化してきている¹⁾。こうした動向の中で、ウォーターフロントや水辺に対する認識が高まり、「海」の存在が見直され、リクリエーション空間としての海の価値が重視されるようになってきた。

しかしながら、海洋性リクリエーション活動の場として重要な空間である砂浜は、河川の治水事業や水資源の開発事業の進展に伴って河川からの流送土砂が急減したことや、経済の復興と発展のための港湾や臨海工業地帯の造成に伴う大規模海岸構造物が次々と建設されたことにより、かつて白砂青松と謳歌された我が国の海岸線から、自然のままの砂浜の多くが消失してしまった²⁾。特に、大都市近郊では砂浜を含む沿岸部が、拡大する都市機能の受け皿として、新たな国土空間創造のため埋め立てられ、海洋性リクリエーションの場としての砂浜はそのほとんどが消失した。このため、海洋性リクリエーションの場として利用される人工の砂浜が全国各地で計画あるいは建設されているが、そのいずれもが利用を目的とした計画基準で造成されているわけではない。

最近の海洋性リクリエーションに対する一般的なニーズは、次のように大きく5つに分けることができる。すなわち、1)都市生活によるストレスから自然の中で自己を開放したいとする欲求により、海の自然環境の中でリラックス感やリフレッシュ感を得たいとする「自然性」に対する欲求を満たすこと、2)海水浴や釣りなど比較的安価なリクリエーション活動を楽しみたいとする「近親性」に対する欲求を満たすこと、3)スポーツやリクリエーションをする上で、洗練されたウェアやグッズで身を固め活動したいとするファッション志向を持つ「ファッション性」に対する欲求を満たすこと、4)海の様々な環境条件を多様な活動方法で楽しみたいとする「多様性」に対する欲求を満たすこと、および5)海辺での日光浴や海水、海風に浸

る海洋療法などを満喫したいとする「健康性」に対する欲求を満たすことである¹⁾。したがって、これらのニーズに対する欲求を満たす条件や施設をできるだけ多く兼ね備えたものが海洋性リクリエーションの場として理想的な人工海浜といえよう。

そこで、ここでは海浜リゾートを計画・設計する際、必ず検討しなければならない内容や条件を明らかにするとともに、海岸利用者の人工海浜に対する評価についても検討する。

5.2 設計条件と検討内容

海浜リゾートの計画に際しては、立地環境となる沿岸域のもつ特性を十分に認識し、その沿岸域の保有する資質を最大限活用することが望ましい。海岸線を挟む陸域と海域からなる沿岸域のもつ多様な資源のうちで、海洋性リクリエーションに活用できる利用資源には、自然環境資源、生物資源、空間資源があり、これらの資源をいかに持続的に賢明に利用していくかが計画の基本姿勢となる。海洋性リクリエーション施設計画の原則は、これらの資源を計画地で想定されるリクリエーション活動に積極的に活用することで、魅力と個性のある地域を創造し、地域固有のリクリエーション活動を多様な人々が楽しめるようにすることである。したがって、以下のような事項を考慮することが必要となる。すなわち、1)水辺の開放、2)背後地域との連続性、3)複合的ゾーニング、4)歴史的・文化的地域の活用、5)アクセスの確保、6)生態系への留意、7)景観への配慮などである。特に、「水辺の開放」、「背後地域との連続性」、「生態系への留意」は計画地における土地利用だけでなく、海浜リゾート計画全体の基本理念といえる³⁾。また、砂浜海浜リゾートの施設立地に際して検討すべき項目は、自然環境条件では気象、海象、地形、地質、生態系、景観および水利、社会条件では社会構造、土地利用、交通基盤、競合施設、法規制、利害関係および住民意識などが挙げられ、検討内容としては、適地性の判定、機能検討、施設設計、砂浜設計、アセスメントに分けられる^{1), 4), 5), 6)}。本研究では、「歴史的・文化的地域の活用」、「複合的ゾーニング」および「アクセスの確保」など、広域的なものや内陸域に建設されるホテルやレストランなどの施設を除く海浜リゾート、具体的には人工砂浜に関する海浜および施設などの設計条件を検討する。

図-5.1は、新たに海浜リゾート施設を計画する場合の計画手順を示したフローチャートである。これによると、まったく新しく海浜リゾート施設を計画する場合、まず開発予定地域における上位・関連計画の有無を周辺地域も含め調査する必要がある。

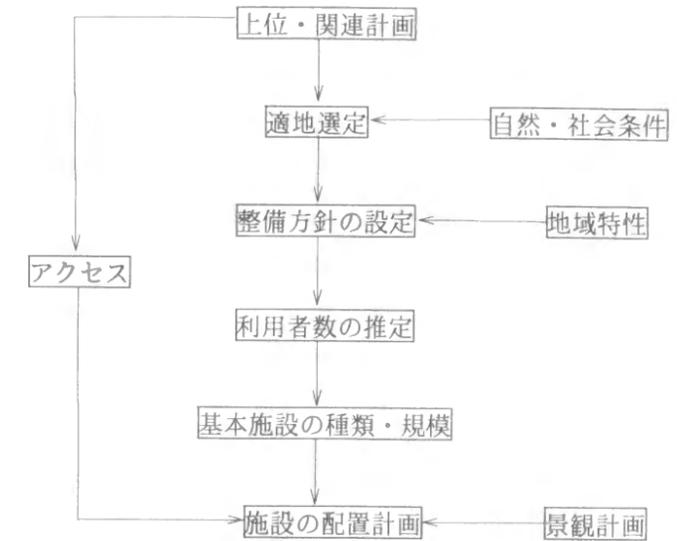


図-5.1 海浜リゾートの計画手順

ある。もし、そうした計画がある場合には、それとの整合性について十分配慮した広範な土地利用計画（ゾーニング）が必要となる。

次に、適地選定であるが、砂浜海浜リゾートの計画・設計に際しては、開発予定地域の自然・社会条件を調査検討し、適地を決定する必要がある。社会条件については、社会構造、土地利用、交通基盤、競合施設、法規制、利害関係および住民意識を、また、自然条件については、気象、海象および地形を検討し、適性を判定する必要がある。

適地が決まれば、その地域の名所や旧跡など文化的な地域特性を把握し、さらに開発された海浜リゾートの維持・管理および利用方法をも含めた整備方針を設定する必要がある。特に、利用方法については、最近急増しているウィンドサーフィンやジェットスキーなどの利用者と海水浴客との区域分けを明確にし、トラブルや事故を未然に防止する対策についても十分な検討をしておく必要がある。

適地と整備方針が決定すれば、海浜リゾートの利用者数を推定し、基本施設の種類の規模を決定することが必要となる。海浜リゾートにおける基本施設の種類のについては、前段階の整備方針に大きく関わる問題であるが、主要な施設は、ビーチ、遊泳水域および遊泳、舟遊、休憩施設、更衣・衛生、サービス、管理、環境、公園、交通、その他の付属施設など12の各施設に大別される⁸⁾。なお、遊泳施設とは遊泳水域を識別するためのブイやオイルフェンス、飛び込み台および海上休憩台などで

あり、環境施設とは照明、ゴミ箱、ビーチクリーナーおよび海上ゴミ回収船など照明や清掃施設のことである。各施設の規模については、海浜リゾートの日最大利用者数（対象海岸の実績を参考に決定する）をもとに、施設の所要原単位、利用率および回転率から決定されるが、それらの維持・管理についても十分考慮しておく必要がある。最後に、それらの施設配置は、アクセスや整備方針（ゾーニング）、さらには景観をも考慮して決定する必要がある。

5.3 人工海浜の設計

5.2で述べた手順で、海浜リゾートの整備方針や計画が決まると、海浜リゾートとしてもっとも基本的な施設であるビーチや遊泳水域の条件を開発する海域の自然条件をも考慮した詳細な検討が必要となる。ここでは、海水浴場として利用される人工砂浜の設計条件について検討する。

5.3.1 人工海浜の規模

海水浴場における施設の規模は、2.でも述べたように、各施設の所要原単位、利用率（1日当りの海浜利用者中その施設を利用する者の率）、施設の回転率、日最大利用者数、利用者の日集中度（特定の一日の総利用者数と年間総利用者数との比）、計画対象年間総利用者数から、式(2.1)によって規模を算定することができる¹⁾。これらのうち、所要原単位は規模算定の重要な要素であり、各施設ごとのこの値が海水浴場の混雑の度合に大きく影響を与える。なお、海水浴場における主要施設の所要原単位は表-5.1のようである²⁾。また、日集中度は近隣海岸の実績を参考にして決定されるが、多くの海水浴場での調査結果によると、最高でも0.225であり、全国の最多値は0.025~0.05である。本研究の対象地である淡輪海水浴場と二色の浜海水浴場の日集中度は0.1~0.15、須磨海水浴場で0.15以上の値である³⁾。これらの海水浴場は、いずれも大都市近郊型であるため、ピーク日に利用者の集中が著しく、全国の最多値よりかなり日集中度は大きいことがわかる。表-5.2は、1988年の淡輪海水浴場と二色の浜海水浴場における利用者数と日集中度の上位10日の値を示したものである。なお、この年の両海水浴場における年間総利用者数は、淡輪海水浴場が164,480人、二色の浜海水浴場が389,417人であった。これによると、淡輪海水浴場の7月30日（土）を除き、利用者が集中する日はいずれの海水浴場も盛夏の日曜日が多い。なお、淡輪海水浴場において、7月31日の日集中度が0.15を

表-5.1 海水浴場における主要施設の所要原単位

施設名	所要原単位	利用率	回転率	備考	
基本施設	ビーチ	4~14m ² /人 新全総目標7m ² /人	100%	1.0~1.5回/日	ビーチ幅100m未満50m程度がよい
	遊泳水域	3~15m ² /人	同時入場者の25~50%	1.0~1.5回/日	可歩行水域とは水深-1.0m程度以浅の水域
	更衣室	0.7~3.0m ² /人	90%	2.1回/日	ほぼ500m程度の間隔
	ロッカー	0.2m ² /人	60%	1.0~1.5回/日	
	シャワー	1.5m ² /人	90%	4.0~6.0回/日	
	便所	男子(大)・女子3~4m ² /穴 男子100~150人当り200回/日 男子(小)2~3m ² /穴 女子30~50人当り40~60回/日			用便のスペースは大0.8m ² , 小0.5m ²
サービス施設	レストラン	10~15m ² /人	10%	7回/日	
	駐車場	バス50~55m ² /台 乗用車25m ² /台 付帯部分を含む	25~85%	1.0~1.5回/日	砂浜回転率より多少低い
供給処理原単位	給水量	50~150 l/人			
	ゴミ排出量	170g/人・日			
	排水量	供給量の125%			

表-5.2 淡輪および二色の浜海水浴場における日集中度
(1988年)

順位	淡輪海水浴場			二色の浜海水浴場			両海水浴場の平均値
	利用者数(人)	日集中度	日付	利用者数(人)	日集中度	日付	日集中度の平均値
1	26,890	0.163	7/31(日)	47,640	0.122	8/7(日)	0.143
2	21,300	0.129	8/7(日)	40,071	0.103	8/14(日)	0.116
3	8,950	0.054	7/30(土)	33,303	0.086	7/10(日)	0.070
4	7,530	0.046	7/10(日)	26,306	0.068	7/31(日)	0.057
5	6,680	0.041	8/14(日)	25,415	0.065	7/17(日)	0.053
6	6,500	0.040	8/21(日)	25,281	0.065	8/21(日)	0.052
7	6,350	0.039	8/15(月)	24,117	0.062	8/15(月)	0.050
8	5,590	0.034	7/17(日)	17,960	0.046	8/6(土)	0.040
9	4,730	0.029	8/28(日)	16,443	0.042	8/28(土)	0.035
10	3,810	0.023	8/9(火)	11,097	0.028	8/17(水)	0.026
年間総利用者数	164,480			389,417			

越えているのと、また3番目に7月30日の土曜日が入っている理由は、淡輪海水浴場で毎年開催されているマリンスフェスティバルというイベントがこの年は7月30日と31日の両日に行われていたためである。この両海水浴場における日集中度の結果

と前述の砂浜の所要原単位を、大都市近郊型の海水浴場で70%の人が満足する我が国の最終目標値¹⁾である7㎡/人として、淡輪海水浴場とほぼ同じ年間に160,000人の利用者数が見込まれる大都市近郊型海水浴場の砂浜面積を算定してみると、

①日集中度が第1位の値0.14では、

$$\begin{aligned} \text{日最大利用者数} &= 0.143 \times 160,000 \text{人} = 22,880 \text{人} \\ \text{砂浜面積} &= 7 \text{㎡} \times 22,880 \text{人} \times 1 \text{ (利用率)} \div 1.5 \text{ (回転率)} \\ &= 106,773 \text{㎡} \end{aligned}$$

②日集中度が第5位の値0.053では、

$$\begin{aligned} \text{日最大利用者数} &= 0.053 \times 160,000 \text{人} = 8,480 \text{人} \\ \text{砂浜面積} &= 7 \text{㎡} \times 8,480 \text{人} \times 1 \text{ (利用率)} \div 1.5 \text{ (回転率)} \\ &= 39,573 \text{㎡} \end{aligned}$$

となる。これらの算定砂浜面積は、1988年当時の淡輪海水浴場の海浜面積26,400㎡よりいずれも大きく、日集中度が第5位の値を用いても過大な算定をしていることがわかる。すなわち、淡輪海水浴場は年間16万人が利用する海水浴場としては、日集中度が高い週末には我が国の最終目標値である7㎡/人をクリアできない狭い海水浴場であると云えよう。しかしながら、平日2日、土曜日と日曜日が各1日の合計4日間に行った1988年の海浜面積に対する利用者意識の調査結果では、77.8%の人が満足している。そこで、当時の海浜面積26,400㎡を用いて日集中度を逆算してみると0.035となり、この値は淡輪海水浴場と二色の浜海水浴場における日集中度の平均値の第9位の値と一致する。さらに、盛夏の週末には利用者が予め混雑を予

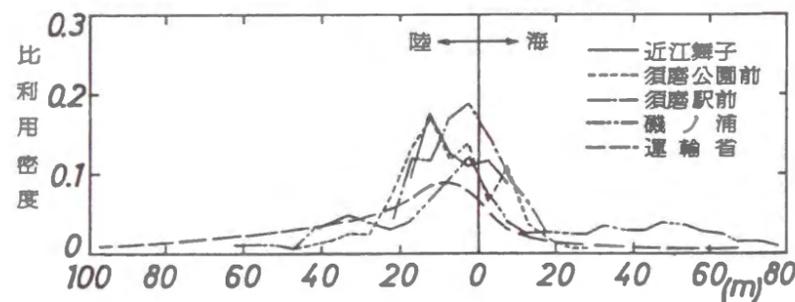


図-5.2 比利用密度の汀線直角方向の分布

想して来ることなども考慮すると、大都市近郊型海水浴場の砂浜面積の算定に際しては、日集中度の順位で8~9番目の値を用いてもかなりの満足度が得られるようであり、より現実的な砂浜面積が算定できるものと思われる。

また、砂浜幅については、比利用密度の汀線に直角方向の分布を示した図-5.2からもわかるように、砂浜での遊戯や日光浴などの利用者は汀線から内陸側50m程度の範囲にほとんどが分布していることから、利用できる砂浜幅は50m程度あれば良いようである。したがって、砂浜面積をこの値で除したものが望ましい算定汀線延長となる。なお、当然ながらこれらの算定値には海の家やシャワー・トイレなどの建設予定地分は含まれていない。

5.3.2 海浜条件

海水浴場として利用される人工海浜の建設場所やその海浜規模が決定されると、次はその平面形状や海浜条件などが問題となる。人工海浜の建設に際して、その平面形状は従来から地形や景観など比較的考慮されていたが、前浜勾配や底質の粒径など海浜条件は今まであまり重要視されていなかったこともあって、それまでのものより粒径の大きな侵食されにくい養浜砂が用いられており、また投入土砂量から比較的急勾配で建設されていた。しかしながら、海洋性リクリエーションの多様化とともに砂浜の重要性が再認識されるようになると、前浜勾配や底質の粒径などの海浜条件はその海浜を評価する際の大きな要因になってきた。なお、これらの詳細については2.を参照されたい。

海水浴場として利用される人工海浜の汀線形状については、海域制御構造物などの配置によって、様々な汀線の形状にすることができる。そこで、1989年淡輪海水浴場において、海水浴場としてもっともよいと思う汀線形状を図-5.3のなかから利用者を選択させた結果、タイプ1が24.3%、タイプ2が34.4%、タイプ3が29.3%、タイプ4が7.7%、タイプ5が4.2%であった。このことから、人工海浜であっても、

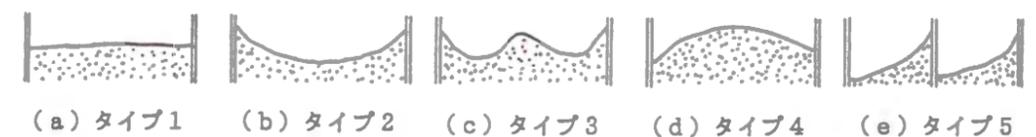


図-5.3 人工海水浴場における汀線形状

5.3.3 海象条件

気象および海象条件のうち、気温、日照、降水、風、水温などは人為的な制御がほとんど不可能であるが、これらは海水浴の条件としては非常に重要な要因である。堀川ら^{9),10)}はこれらの海水浴への適用条件として、日平均気温24℃以上、日照5時間以上、風速5m/s以下、水温23~25℃を提案しているが、これらの条件は20代男性のデータだけをもとに提示された条件であり、もっともポピュラーで老若男女が参加する海水浴の条件としては十分なものとはいえない。また、人為的な制御がいくらかは可能な自然条件として流れや波高があるが、これらの海水浴場としての条件は、流れは微弱であり、波高は0.5m以下とされている⁹⁾。なお、流れや波高は水死事故にもつながる条件でもあり、海岸構造物の配置を工夫するなど万全な対策を施しておく必要がある。特に、危険なものの一つに離岸流があげられるが、九十九里浜における離岸流の調査結果¹⁰⁾によると、遊泳限界流速は50cm/s、遊泳注意報がもっとも多く発令されるのは20~30cm/s程度である。しかしながら、これらは流れによる遊泳水域内の海水交換や波による海らしさなど、海水浴場としては必要不可欠な要素でもあり、完全な制御は満足度の低下を招く。なお、これらの海象条件の詳細については2.を参照されたい。しかし、こうした問題を考慮していくと、海水浴場としての望ましい海象条件は、以下のようになる。

①遊泳水域内の水温に対する満足度は、水温が25~30℃であれば50%以上の満足度が得られ、27℃程度でもっとも高くなる。したがって、人工海浜によって、新しく海水浴場を造成する場合、その建設場所としては、海水浴シーズンを通して水温25~30℃が維持される水域が望ましい。

②遊泳水域内の波高に対する満足度には、年齢・性別などの個人差が大きいいため波高が小さいときと大きいときの利用者意識にかなりばらつきがみられ、高年層は小さい波高、若年層は大きい波高の波をそれぞれ望む傾向がみられる。しかし、最適波高は28cmで満足度は60%であり、波高が15~45cmであれば満足度は50%以上になる。したがって、同一の遊泳水域内で大小さまざまな波高になるように、海岸構造物の配置などを工夫すべきである。

③水質は、海水浴場の良否を決定する重要な要素であり、海水浴場の水質基準⁴⁾としては、COD 2ppm以下、透視度30cm以上、大腸菌群数1,000MPN/100ml以下、油膜は肉眼で認めないこととされている。しかし、一般の利用者が水質について判断できるものは、透視度と油膜の2項目だけであり、油膜についてはその定量化が難し

利用者は、その年齢や性別に関係なく、自然海浜によくみられるような海に向かって凹円弧状の汀線形状をもっとも望んでいることがわかる。したがって、海浜リゾートとしての人工海浜は、砂浜からの視線で景観を考えてみても、できるだけ砂浜と海岸構造物との一体感が得られる構造・工法を用い¹⁾、その海浜が一望できる緩やかな凹円弧状の汀線形状で、かつ海浜背後の都市建築物が松林などで遮断された非日常性の空間になっていることが望ましいようである。また、こうした凹円弧状の汀線形状を維持していくためには、ヘッドランド工法がもっとも適しているといえよう。

海水浴場として利用される人工海浜の勾配については、砂浜のものより汀線から水深2mまでの遊泳水域での海底勾配が特に重要である。海底勾配に対する利用者の満足度は1/45で最大となり70%以上の人々が満足する。しかし、満足度は海底勾配が1/50よりも緩やかになると若干低下するようであり、利用者にとって望ましい海底勾配は1/30~1/50程度であろう。また、これまで建設されてきた人工海浜の海底勾配は、1/20より急なものがほとんどであるが、これを1/45程度に緩くすると、可歩行水域（水深1.0m程度以浅）が広がるため、遊泳水域の広さに対する満足度も向上させることができる。海底勾配の緩い人工海浜を建設する場合、養浜砂だけで造成しようとする大量の投入土砂を必要とする。しかし、人工リーフや潜堤を設置することによって投入土砂量をかなり軽減することができ、またそれらは養浜砂の流出防止工にもなる。

底質については、海水浴場では遊泳水域の粒径より砂浜の粒径のほうが重要である。砂浜の底質に関する満足度は、砂の粒径だけでなく、その淘汰係数や貝殻の混入率、さらには砂そのものの色調や材質などにも影響される。利用者の満足度が50%以上になる底質の中央粒径は0.8mm以下であるが、あまり細かすぎると泥質化し、砂浜では肌にまとわりついたり、また水中では碎波帯付近で巻き上げられ浮遊するため、かえって利用者の満足度が低下する。したがって、底質の粒径は、砂浜の安定性からは粗い方がよく、利用者の感触からは泥質にならない程度に細い方がよく、具体的には中央粒径が0.3~0.8mm程度で、なおかつ均一で貝殻などが混入していないものが望ましい。また、流れや波浪が厳しく、人工海浜の安定性が問題となるような場所では、下層（水中）には海浜が安定する粒径の大きい砂、上層（砂浜）には利用者にとって感触の良い粒径の小さい砂を置いた二層断面の人工海浜を採用すると、海浜の安定と利用者の感触の両面からみて有利な海浜となろう⁸⁾。

いる。利用者の水質に対する要求はきわめて厳しく、透視度に対する満足度は海水浴場の水質基準の下限値である30cmでは10%程度しか得られず、100cmであっても50%以下である。したがって、水質については、常時100cm以上の透視度を確保することと同時に、遊泳水域内に浮遊物が流入したり、海藻などが発生しないような対策をあらかじめ講じておくべきである。

5.4 人工海浜の評価

ここでは、海岸環境整備事業によって再整備された人工海浜に対する海岸利用者の評価を明らかにする。調査対象の二色の浜海岸は、大阪府貝塚市にある古くからの海水浴場であるが、わが国では初めての本格的な養浜工事が行われたことでも著名である。1987年、この海岸地区はCCZ整備計画（コースタル・コミュニティ・ゾーン整備計画：建設省が地域の特性を生かして、地域住民が海と親しみ、集い、憩える場を整備しようとしている計画事業である。）に認定され、その後、図-5.4に示したように、海浜の大幅な沖出しと離岸堤の潜堤化などを中心とした海岸環境整備事業が進められ、1996年にその工事はほぼ完了した。そこで、整備事業がほと

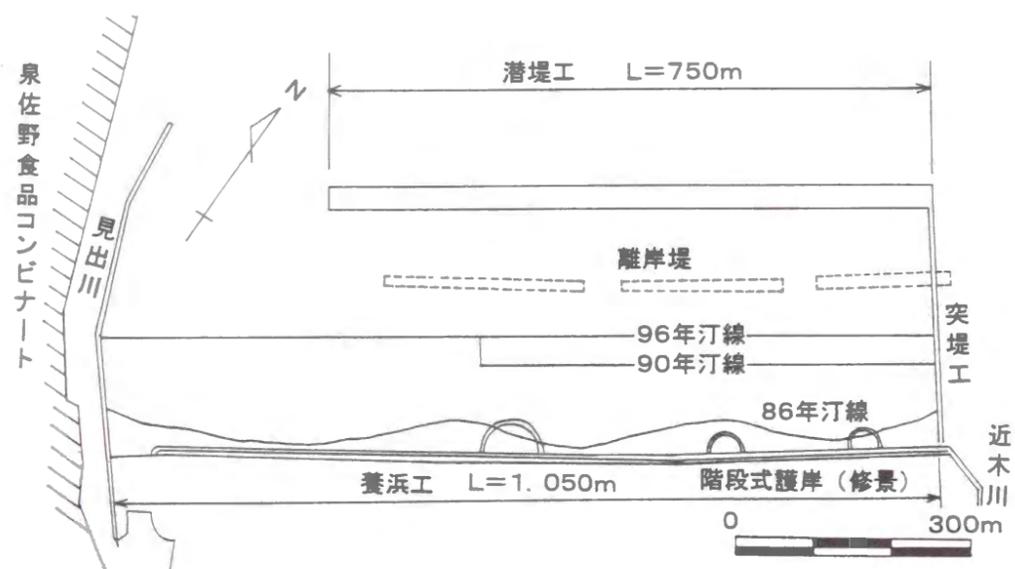


図-5.4 二色の浜海岸環境整備事業の概要

んど完了した二色の浜海岸における海岸環境とそれに対する利用者意識を整備事業が実施される12年前の1975年、実施直前の1986年、実施中の1990年にそれぞれ行った同様な調査の結果とを比較することによって、海岸環境整備事業に対する海岸利用者の意識変化や評価を明らかにする。

5.4.1 海岸環境の変化に対する利用者意識

ここでは、海岸環境整備事業によって整備された人工海浜の環境変化とそれに対する利用者意識の変化を明らかにする。

図-5.5(a)および(b)には、海浜と遊泳水域の面積に対する満足度の変化を示した。なお、この場合の満足度とはそれぞれの面積に対して「広い」、「やや広い」、「適当」と答えた人の全調査者に対する比である。これによると、(a)図の海浜に関しては、海浜幅が40m程度であった75年から86年にかけて海浜面積の減少とともに満足度も大きく低下しているが、海浜の沖出しによって海浜幅は100m以上となり海浜面積が大幅に拡大された90年以降は、面積の拡大とともに満足度も向上している。しかし、90年には海浜面積が86年のものの約3倍にも拡大されているが、満足度はさほ

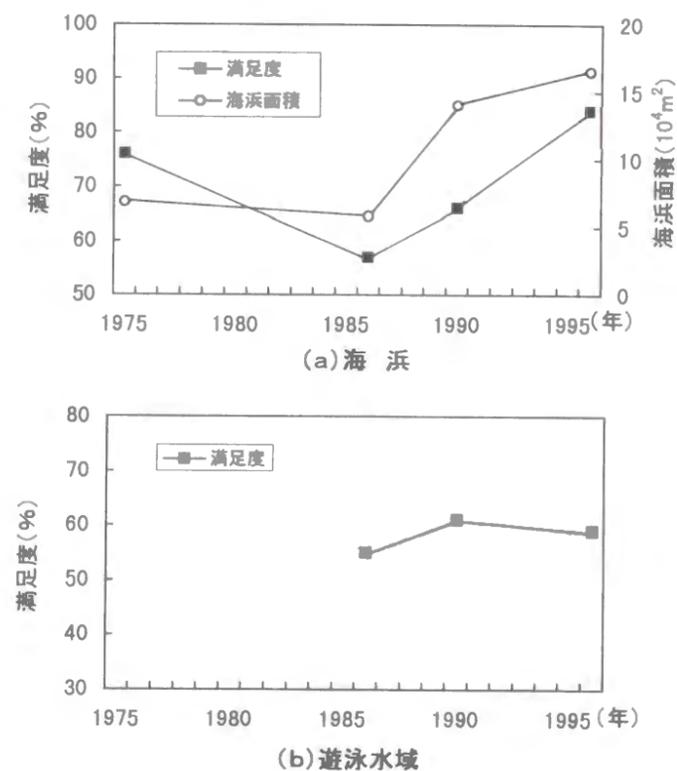


図-5.5 海浜面積に対する満足度の変化

ど上昇していない。これは、事業実施中であり、利用されていた海水浴場内に海浜幅の拡大されている箇所とそうでない箇所が存在していたためであろう。(b)図の遊泳水域の面積に関しては、離岸堤が潜堤化された86年から90年にかけて満足度はやや向上しているが、96年には若干減少し、整備事業後の満足度は海浜のものに比べるとあまり向上していない。これは、離岸堤の潜堤化によって沖方向の視界が広がったことで、オイルフェンスで囲まれた遊泳水域がかえって狭く感じられるためと思われる。

図-5.6(a)および(b)には、海浜と遊泳水域の混雑度に対する満足度の変化を示した。なお、海浜の混雑度に関しては利用密度で表現した。また、この場合の満足度とは、それぞれの混雑度に対して「すいている」、「ややすいている」、「適当」と答えた人の全調査者に対する比である。これによると、(a)図の海浜の混雑度に関しては、満足度は75年から86年にかけて若干低下しているが、86年以降は事業の進捗とともに向上している。(b)図の遊泳水域の混雑度に関する満足度は、年々向上し、特に事業実施後には10%以上も増加している。これは、図示はしていないが、水浴率が年々低下していることからわかるように、利用者が海にあまり入らなくなっ

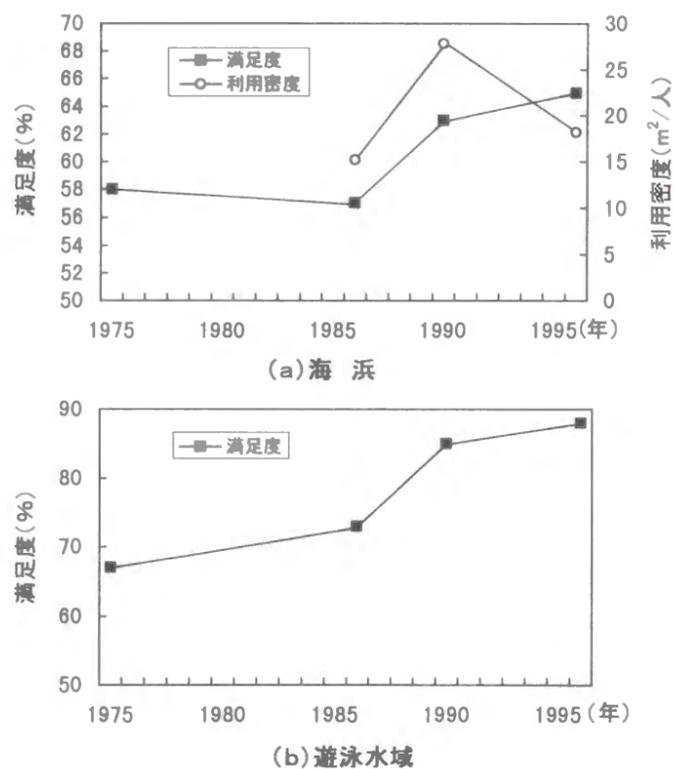


図-5.6 混雑度に対する満足度の変化

ていることや遊泳水域が離岸堤の潜堤化によって視覚的には狭く感じられるが、実際には視覚的なものよりも広く感じるためであろう。

図-5.7(a)および(b)には、海浜と海底の勾配に対する満足度の変化を示した。なお、この場合の満足度とは、それぞれの勾配に対して「やや緩い」、「適当」、「やや急」と答えた人の全調査者に対する比である。これによると、(a)図の海浜勾配に関しては、整備事業前の1/28から実施後は1/10程度とかなり急になっているが、満足度はあまり低下していない。これは、著者らが測量した海浜勾配は、汀線から標高1mまでのものであり、ほとんどの利用者が実際に利用する場所はそれより後浜の緩勾配のところであるためであろう。(b)図の海底勾配に関しては、整備事業実施前の約1/50から実施後には1/40以上とかなり急になっているが、満足度は逆に上昇している。これは、前述したように、利用者が海にあまり入らなくなり、海底勾配に対してはあまりきびしく評価しなくなったためと思われる。

図-5.8(a)および(b)には、海浜と海底の底質に対する満足度の変化を示した。なお、この場合の満足度とはそれぞれの底質に対して「やや細かい」、「適当」、「やや粗い」と答えた人の全調査者に対する比である。これによると、(a)図の海浜の底質

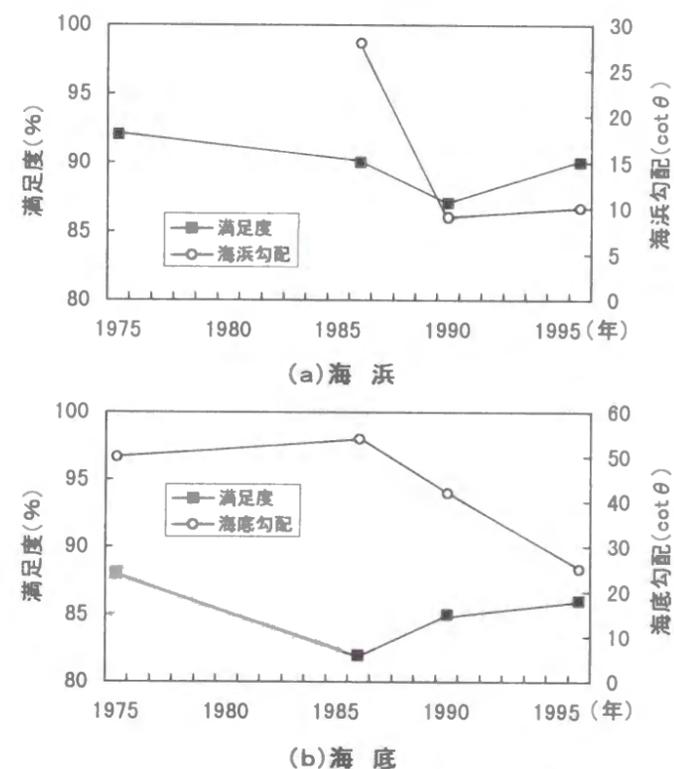


図-5.7 勾配に対する満足度の変化

に関しては、底質の中央粒径と満足度の変化はよく対応しており、粒径が大きくなると満足度は低下している。このことから、海浜における底質の粒径に対して、利用者がきわめて敏感であることがわかる。特に、事業実施中の90年の満足度は、養浜砂の粒径が大きいため著しく低下しているが、96年には粒径が小さくなったため実施直前の86年の満足度に回復している。(b)図の海底の底質に関しては、全般的に粒径が大きくなるほど満足度は向上している。これについては、事業実施前の海底における底質の中央粒径が0.3mm以下でかなり小さく、それが波や利用者の運動によって巻き上げられて浮遊するため、遊泳水域の底質としては細かすぎたものと思われる。このため、粒径の大きい養浜砂を投入したことが、満足度をかえって向上させる結果になったものと思われる。

図-5.9には、海水の水温に対する満足度の変化を示した。なお、この場合の満足度とは海水の水温に対して「やや高い」、「適当」、「やや低い」と答えた人の全調査者に対する比である。これによると、海水の水温とそれに関する満足度とは、あまりよい対応を示していない。これは、水温に関する体感温度が風や気温によって異なるためであろう。また、水温には、離岸堤の潜堤化による明確な影響はみられず、

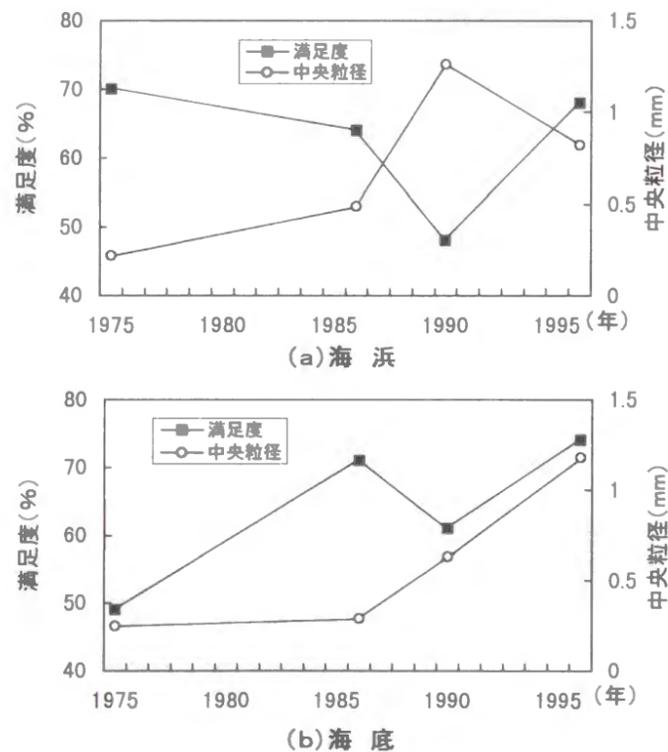


図-5.8 底質に対する満足度の変化

むしろ調査時の違いによる影響のほうが大きいようである。

図-5.10には、海水の透視度に対する満足度の変化を示した。なお、この場合の満足度とは海水そのものに対して「きれい」、「ややきれい」、「普通」と答えた人の全調査者に対する比である。これによると、透視度は調査日ごとのばらつきが大きい。透視度とその満足度とはきわめてよく対応しており、透視度についても利用者はかなり敏感であるといえる。また、透視度が80cm以上であっても満足度は20%以下

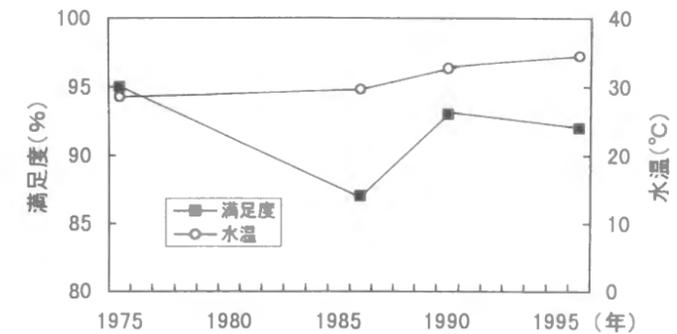


図-5.9 水温に対する満足度の変化

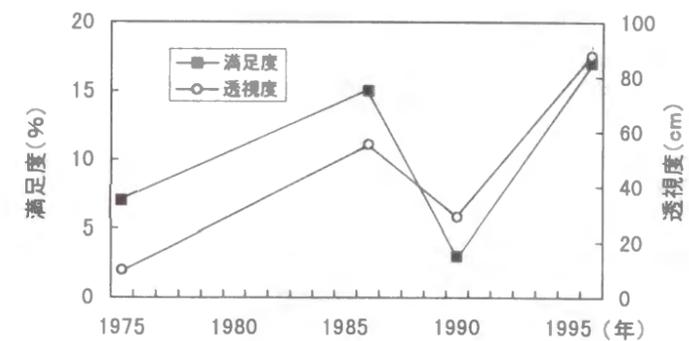


図-5.10 透視度に対する満足度の変化

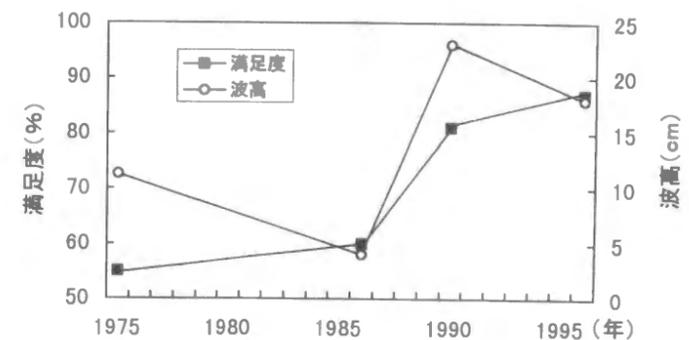


図-5.11 波高に対する満足度の変化

下であり、利用者が水質に対してかなり厳しい評価をしていることがわかる。

図-5.11には、波高に対する満足度の変化を示した。なお、この場合の満足度とは波高に対して「やや低い」、「適当」、「やや高い」と答えた人の全調査者に対する比である。これによると、遊泳水域内の波高は、離岸堤が設置されていた86年までは10cm以下であったが、その潜堤化後には20cm程度に増大している。このため、潜堤化されるまでは60%程度であった満足度が80%以上にも上昇している。すなわち、離岸堤の潜堤化は海水浴場での波高に対する満足度の向上に効果的であるといえる。

以上、海岸環境の変化とそれに対する利用者意識について考察した結果、海浜や遊泳水域の面積や混雑度、海浜勾配、底質などの海浜条件と水温や透視度などの水質条件に関する利用者の満足度は、工事中の90年のものを除くとこの整備事業によって、すべての項目で向上していることがわかった。特に、整備事業の進捗に合わせて経年的に向上したものは、海浜面積、海浜と遊泳水域の混雑度であり、これには海浜の沖出し工事による海浜幅の拡大が大きく寄与していることが明らかになった。

5.4.2 海岸環境整備事業に対する利用者の評価

図-5.12には、整備事業が実施される以前に利用したことのある利用者の海岸周辺環境に対する意識を示した。これによると、海岸の周辺環境に対して「全体的に

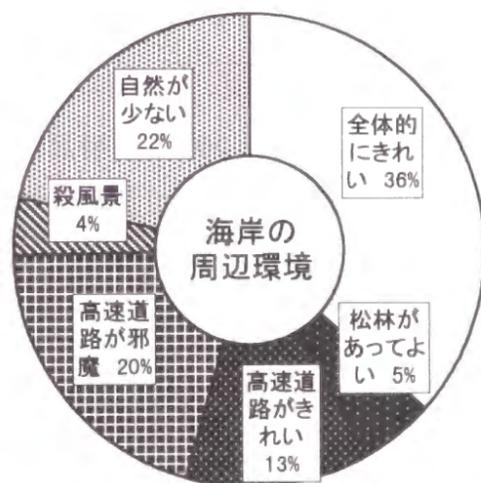


図-5.12 海岸周辺環境に対する評価

きれいになった」、「高速道路がきれい」および「松林があつてよい」と答え、整備された海浜の周辺環境に対して良い評価をした利用者が54%を占めている。しかし、「自然が少ない」あるいは「殺風景」と悪い評価をしている利用者も26%に達している。また、海浜の背後にある阪神高速道路湾岸線の高架橋については、13%の利用者が「きれい」、20%のものが「邪魔」と答えている。このように、高架橋については、利用者が良きにつけ悪きにつけ、かなり意識し、周辺環境を評価する際の大きな要因になっているといえよう。

図-5.13には、整備事業が完了した二色の浜海岸に対して、海水浴場としての利用者の満足度を示した。これによると、「十分満足した」、「満足した」と答え、海水浴場として満足している利用者は、事業実施前の86年には33%であったが、完了後の96年には44%に増加している。逆に、海水浴場として「大いに不満」、「不満」と答えた利用者は、86年の16%から96年には6%に減少している。なお、図示はしていないが、この傾向は若年利用者に顕著であった。

図-5.14には、整備事業の実施前と完了後の96年にいずれも利用したことのある人からみた、良くなった点と悪くなった点をまとめた。これによると、良くなった点では、「全体的にきれいになった」と答えている人が29%でもっとも多く、以下順に「施設の充実」、「砂浜が広がった」、「海が広がった」、「交通の便が良くなった」となっている。逆に、悪くなった点では、「ゴミが増えた」と「ジェットスキーの増加」がそれぞれ14%でもっとも多く、以下順に「人が多くなった」、「水質が悪くなった」などがあげられている。この整備事業に関連して、大きく変化したもの一つは海浜背後の高架橋の建設である。しかし、これについては、悪くなった点で

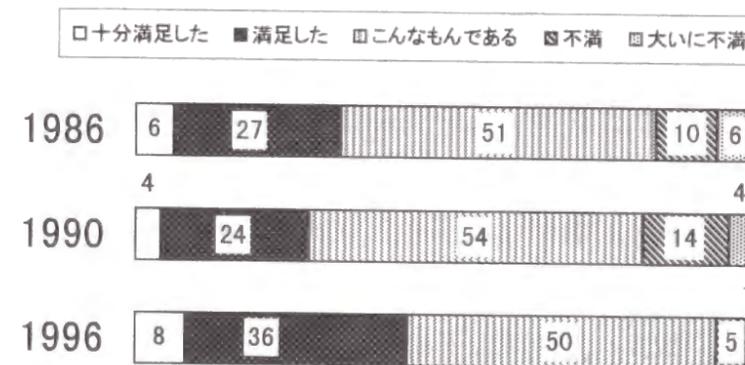


図-5.13 海水浴場としての満足度

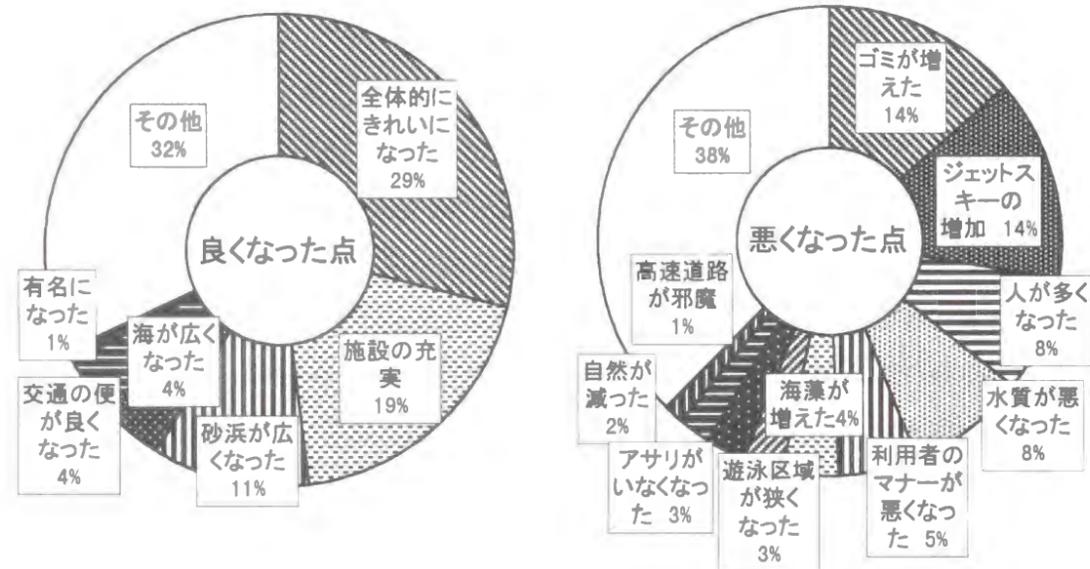


図-5.14 海岸環境整備事業に対する評価

「邪魔」と答えた人は1%であるのに対し、逆に、良くなった点で「交通の便が良くなった」と答えた利用者が4%いることから、交通の利便性の向上が評価されているようである。さらに、いま一つの大きな変化は離岸堤の潜堤化である。これについては、良くなった点で「海が広がった」と答えている人が4%、悪くなった点で「遊泳水域が狭くなった」が3%と功罪相半ばしている。これは、前述したように、離岸堤が撤去され潜堤化されたことによって沖方向の視界が広がった反面、オイルフェンスが設置され、遊泳水域が逆に狭く感じられるようになったためと思われる。悪くなった点を全般的にみても、ゴミ、ジェットスキー、利用者のマナーといった海浜管理上の問題点がほとんどであり、海浜そのものの環境変化によるものは意外に少ない。

以上、海岸環境整備事業に対する利用者の評価については、海浜周辺環境は利用者の過半数が改善されたと評価していることや整備された砂浜に対して海水浴場として満足している利用者の割合が増加していることが明らかになった。また、海浜背後にある高速道路の高架橋が周辺環境を評価する際の大きな要因になっていることもわかった。さらに、海岸環境整備事業の完了後、二色の浜海水浴場の悪くなった点として、ゴミの増加、ジェットスキーの騒音、利用者マナーの低下などがあげられているが、これらはいずれも海岸管理上の問題であり、海岸環境の変化に対す

るものはほとんどないことが明らかになった。したがって、今後は海岸構造物や海浜などのハード面での改善ばかりではなく、海岸管理の方策を十分に考慮した海岸環境整備事業の推進をはかるべきであろう。

5.5 結語

ここでは、海浜リゾートの設計法に関して、設計条件や検討内容さらには人工海浜の評価について、96年に整備事業がほとんど完了した二色の浜海岸を対象として、そこでの海岸環境とそれに対する利用者意識についての現地調査を行い、これらの調査結果と整備事業が実施される以前や実施中に行った同様な調査の結果と比較検討してきた。それらの結果を要約すると、次のようである。

- 1) 大都市近郊型海水浴場の砂浜面積の算定に際しては、日集中度の順位で8~9番目の値を用いても、かなりの満足度が得られるようであり、ピーク値を用いるより現実的な砂浜面積が算定できる。
- 2) 海水浴場として利用される人工海浜は、その海浜が一望できる緩やかな海に向かって凹円弧状の汀線形状で、かつ海浜背後の都市建築物が松林などで遮断された非日常性の空間になっていることが望ましい。
- 3) 海岸環境整備事業によって整備された人工海浜に対する利用者の満足度は、海浜や遊泳水域の面積や混雑度、海浜勾配、底質などの海浜条件と水温や透視度などの水質条件のすべての項目で向上している。特に、整備事業の進捗に合わせて経年的に向上しているものは、海浜面積、海浜と遊泳水域の混雑度であり、これには海浜の沖出し工事による海浜幅の拡大が大きく寄与している。
- 4) 離岸堤の潜堤化については、利用者は沖方向の視界が広がるため遊泳水域の面積そのものは狭く感じるようであるが、実際には視覚的なものより広いため混雑度に対する満足度は向上する。また、離岸堤の潜堤化は海水浴場での波高に対する満足度の向上に効果的である。しかし、水温と透視度については調査時の違いによる影響が大きく、離岸堤の潜堤化による影響は明らかでない。
- 5) 海浜周辺環境の変化に対する利用者の評価は、利用者の過半数が整備事業によって改善されたと評価している。
- 6) 整備された人工海浜の砂浜に対して、海水浴場として満足している利用者の割合は増加している。
- 7) 海浜背後にある高速道路の高架橋については、利用者が周辺環境を評価する際

の大きな要因になっている。しかし、利用者はそれによる景観の悪化より高速道路による利便性の向上のほうを評価している。

8) 海岸環境整備事業の完了後、海水浴場として悪くなった点は、ゴミの増加、ジェットスキーの騒音、利用者マナーの低下などがあげられているが、これらはいずれも海岸管理上の問題であり、海岸環境の変化に対するものはほとんどない。したがって、海岸構造物や海浜などのハード面での改善ばかりではなく、海岸管理の方策を十分に考慮した海岸環境整備事業の推進をはかるべきである。

参 考 文 献

- 1) 畔柳昭雄：海洋性リクリエーション施設—計画とデザイナー—，技報堂出版，pp.3~35，1997.
- 2) 堀川清司：21世紀に向けての海辺の創造，波となぎさ，第128号，pp.2~3，1996.
- 3) 横内憲久・ウォーターフロント計画研究会 編：ウォーターフロントの計画ノート，共立出版，pp.31~42，1994.
- 4) 運輸省港湾局：人工海浜の建設技術マニュアル，pp.1~58，1979.
- 5) 畔柳昭雄：海洋性リクリエーション施設—計画とデザイナー—，技報堂出版，pp.153~194，1997.
- 6) 運輸省港湾局監修、日本マリーナ・ビーチ協会編集：ビーチ計画・設計マニュアル，山海堂，pp.5~37，1992.
- 7) 磯部雅彦：海岸の環境創造—ウォーターフロント学入門—，朝倉書店，pp.9~19，1994.
- 8) 井上雅夫・島田広昭・梶元淳二：新しい置砂法によって造成した海浜の波による変形過程，海岸工学論文集，第36巻，pp.464~468，1989.
- 9) 堀川清司・佐々木民雄・五十嵐元：海洋性リクリエーションとその環境，第19回海岸工学講演会論文集，pp.83~91，1972.
- 10) 佐々木民雄・堀田新太郎・五十嵐元・久保田進：海洋性リクリエーションに関する研究（第2報），第21回海岸工学講演会論文集，pp.471~475，1974.

6. 結 論

本論文では、今後の我が国における海岸整備の目標となる「環境の保全と復元」という観点から、「海洋性レジャーに利用される砂浜の利用者から見た望ましい海浜条件」と「生物との共生を目指した人工磯浜の造成条件」をそれぞれ明らかにすることによって、「自然と共生した人工海岸の保全と創造」を目指した種々の機能を有する人工海浜の造成条件を確立しようとした。そのため、実際に海水浴に利用されている近畿圏内の14海水浴場における海浜の自然環境と利用者意識を調査し、各海浜条件と海浜利用者の満足度との関係を明らかにした。ついで、大阪府が生態系保全の目的で1986年から造成中の人工磯とそのすぐ近傍にある天然磯において生息動物と水環境に関する調査を行い、生物との共生を目指した人工磯浜の造成条件を明らかにした。さらに、海岸環境整備事業が完了した二色の浜海岸において、そこでの海岸環境とそれに対する利用者意識に関する現地調査を行い、整備事業が実施される以前や実施中に行った同様な調査結果と比較検討することによって、海浜利用者の海岸環境整備事業に対する評価を明らかにした。以下に、各章別に得られた主要な成果を要約して結論とする。

まず、第1章では、我が国の文化や風土の形成に海が重要な役割を果たしていることや、我が国の海岸は古くから生活・交流・生産の場としてそれぞれの時代を反映した利用が行われていたことを明らかにした。また、河川の治水事業や水資源の開発事業の進展に伴う全国的な海岸侵食とその対策により建設された海岸保全施設が災害防御と経済発展を最優先して進められた結果、海水浴や磯観察などに利用されていた多くの砂浜や磯浜が消失してしまった状況を紹介した。そして、近年全国各地で人工海浜の造成が行われるようになってきたが、その設計に当たっては海浜の防災機能や安定性が中心であり、利用機能は付随的に考慮する程度と海岸保全施設築造基準に解説されている現状を指摘した。さらに、人工海浜の造成技術の基本は、海浜変形予測と海岸侵食制御の2つであることを示し、数値シミュレーションによる海浜変形予測モデルが、コンピュータの進捗とともに移動床水理模型実験に取って代わり、ある程度定量的に評価できるようになってきたことを述べた。また、海岸侵食制御は、沿岸漂砂量や岸沖漂砂量に不均衡が生じないようにすることであり、その対策としては漂砂源を確保するサンドバイパスや沿岸漂砂の変化を抑える安定海浜工法を用いることにより侵食制御が可能になることを示すとともに、

今後、21世紀に向け造成される人工海浜は、それを来襲する波浪から護り維持することは勿論であるが、親水性にも優れたもの、すなわち高い利用機能を有しかつ景観や生態系など海岸環境に配慮されたものでなければならないことも指摘した。そして、海岸の利用機能に関する研究は防災機能に関するものほど行われていないことや、生態系に関するものについても、水産関連や大水深域での海洋施設を対象としたものは従来より行われていることを示した。それらを踏まえて、浅水域に設置された海岸構造物への付着生物に関する研究についてはその歴史が浅く、最近になってようやく海岸構造物の設置による環境影響調査やミティゲーションのための生態系調査が活発に行われるようになった程度であることを明らかにした。

第2章では、海水浴場として利用される海浜の諸条件と海浜利用者の満足度との関係から人工砂浜の望ましい条件を明らかにした。その結果、まず人工海浜による海水浴場の規模としては、もっとも混雑する盛夏の日曜日であっても7 m²/人の利用密度が確保でき、かつ10,000 m²以上の砂浜面積であることを明らかにした。また、その海浜条件は、海底勾配が1/30~1/50程度、養浜材料である底質は砂そのものの色調や材質などにも影響されるが、中央粒径が0.8mmより小さく、なおかつ均一で貝殻などの混入していないものが望ましいことを示した。さらに、海象条件については、シーズンを通して水温25~30℃が維持される水域で、水質は常時100cm以上の透視度を確保し、同一の海水浴場内に海岸構造物の配置などを工夫し大小さまざまな波高が存在するようにすべきであることなどを明らかにし、海水浴場として利用される人工砂浜の利用者から見た望ましい諸条件を提唱した。

第3章では、生態系保全を目指した人工磯浜の造成条件を明らかにする目的で、磯浜における生物相に及ぼす諸因子の影響について、海浜断面や斜面長比といった地形、岩石間の空隙や波食溝の段差部などの微地形、タイドプール内の地形や水質、波当たりの強弱を表す海水流動値および人工磯の造成素材などの影響を生態学で用いられる多様性指数を用いて検討した。その結果、水質については、天然磯でのpHとDOが人工磯のものに比べて若干高いが、両磯における水質の違いはあまりみられないことを見出した。人工磯のタイドプールにおける生息動物の分布については、平面分布では、タイドプールの開口部に集中して生息するもの、開口部を中心とし生息するがその奥部でも少数は生息しているもの、タイドプールの広い範囲にわたって生息するものの3種類に、また垂直分布についても、潮間帯の最上位からそれ以上に分布するもの、潮間帯の上位から中位に分布するもの、潮間帯の下位

からそれより低いところに分布するものの3種類に分類できることを示した。地形および微地形については、磯浜における波食溝は、複雑な地形を作り出す主要因であり、そこは湿潤状態の確保ばかりでなく、タイドプールの形成や餌場の提供など重要な役割を果たしており、様々な動物にとって生息しやすい環境であることを見出した。天然磯に点在するタイドプール内では、タイドプールの底面の状態、位置および海藻の有無によって付着動物相が異なることを明らかにした。波当たりについては、人工磯の各測点における付着動物の多様性は、そこでの海水流動値と密接な関係があり、多様性指数は海水流動が大きすぎても小さすぎてもその値は小さくなることを示した。造成素材の基質の影響については、供試体への付着動物の種数がもっとも多いものは砂岩であり、花崗岩がもっとも少なく、いずれの供試体も設置後約1年で累計種数はほぼ一定になることなどを明らかにし、生態系保全に加えて磯観察など環境教育の場としても利用できる人工の磯浜を築造する際の条件を提示した。

第4章では、海水浴場としての人工海浜がもつべき条件を、利用者の安全性と快適性の観点から明らかにする目的で、砂浜海浜リゾートの利用形態、サービス施設の変遷と利用状況、利用者意識に及ぼす属性の影響および人工養浜の海水浴場に対する満足度の変化などを検討した。その結果、利用形態については、人工海浜による海水浴場の新設は既存のものに混雑緩和にきわめて有効であることを明らかにした。海水浴場におけるイベントの開催は、一時的な集客効果は有するが、シーズンを通しての効果は期待できないことを見出した。また、交通基盤が整備されている海水浴場では、かなり広範な地域からの利用者が集まるが、一般国道と鉄道しかない海水浴場では、利用者のほとんどがそれらの沿線の人に限られることなどを示した。サービス施設については、大手企業がスポンサーになっている海の家は、海水浴場全体の雰囲気向上させるとともに、集客効果も発揮していることを見出した。また、海水浴場において、利用者が洋風、和風のいずれの海の家を選択するかは、利用者の属性によって異なり、それぞれの利用者の海水浴場における行動パターンもかなり異なることなどを示した。利用者意識に及ぼす属性の影響については、1)砂浜の広さや混み具合に対する利用者意識には、性別よりも年齢の影響が顕著に現れ、若年層のほうが厳しい評価をしていること、2)砂浜の底質に対する利用者意識は、年齢や性別によってかなり異なり、特に若年層は底質の粒径が同じでも「粗い」と感じる人が多く、なかでも女性にその傾向が顕著であること、3)海水の透視

度に対する利用者意識は、年齢や性別によって異なり、特に若年層は水質に対してかなり厳しい評価をしている人が多く、これについても女性のほうが顕著であること、4)波高についての利用者意識には、性別よりも年齢の影響が顕著に現れることなどを示した。人工海浜に対する利用者意識については、1)砂浜面積の拡大は利用者の満足度の向上にきわめて効果的であること、2)海底勾配は年ごとにかなり変化しているが、1/10~1/18程度であればそれに対する利用者の意識にはあまり変化がないこと、3)砂浜における底質の中央粒径とその満足度との変化はほぼ対応すること、4)水温とその満足度との変化はきわめてよく対応し、特に水温が26℃より低くなると満足度はかなり低下すること、5)海水の透視度とその満足度の変化もきわめてよい対応を示すことなどを明らかにし、利用者の安全性と快適性の観点から海水浴場としての人工海浜がもつべき条件を提示した。

第5章では、海浜リゾートを計画・設計する際、必ず検討しなければならない内容や条件を明らかにする目的で、本研究で得られた結果に基づいた設計手法を提唱した。さらに、海岸環境整備事業がほとんど完了した海水浴場の海岸環境に対する利用者意識と整備事業が実施される以前や実施中の利用者意識とを比較検討することで、海浜利用者の海岸環境整備事業に対する評価を明らかにしようとした。その結果、設計手法については、大都市近郊型海水浴場の砂浜面積の算定には、日集中度の順位で8~9番目の値を用いても、かなりの満足度が得られ、ピーク値を用いるより現実的な砂浜面積が算定できることを示した。海岸環境整備事業によって整備された人工海浜に対する利用者の評価については、1)海浜や遊泳水域の面積や混雑度、海浜勾配、底質などの海浜条件と水温や透視度などの水質条件のすべての項目で利用者の満足度が向上したこと、2)離岸堤の潜堤化によって、利用者は沖方向の視界が広がるため遊泳水域の面積そのものに対しては狭く感じるようであるが、混雑度に対する満足度は向上すること、3)離岸堤の潜堤化は海水浴場での波高に対する満足度の向上に効果的であることを示した。海浜周辺環境の変化に対する利用者の評価については、1)利用者の過半数が整備事業によって改善されたと評価していること、2)海浜背後にある高速道路の高架橋については、利用者が周辺環境を評価する際の大きな要因になっているが、それによる景観の悪化より高速道路による利便性の向上のほうを評価していること、3)海岸環境整備事業の完了後、海水浴場として悪くなった点は、利用者のマナー低下など海岸管理上の問題であり、海岸環境の変化に対するものはほとんどないことなどを明らかにし、設計手法の提唱や、

海浜利用者の海岸環境整備事業に対する評価を提示した。

以上、本論文では我が国における今後の海岸整備の目標となる「環境の保全と復元」という観点から、「自然と共生した人工海岸の保全と創造」を目指した種々の機能を有する人工海浜の造成条件を検討することで、「海浜リゾートの設計法」の確立を試みた。本研究においては、主に現地調査が主体になっており、その調査に際しては出来るだけ気象や海象などの条件を一定にしようとしたが、長期にわたる調査であったことと自然環境は制御することが出来ないため、それらの影響が現れているものもあろう。また、利用者意識および生息生物のいずれの調査についても、調査方法が確立されるまでは望むデータが収集できなかったこともある。したがって、本研究において残された問題点や不明な点も数多くあり、これらの成果で万全というものではない。そこで、本研究に関する今後の課題についてまとめ、結びとしたい。砂浜リゾートに関しては、本研究では近畿圏内の海水浴場における調査結果から望ましい海浜条件を明らかにしてきたが、我が国は南北に長いことや太平洋側と日本海側で気象や海象条件がかなり異なることから利用形態などに差があることから、望ましい海浜条件の地域特性を明らかにする必要がある。また、海洋性レジャーが多様化してきたことにより、海浜リゾートにおけるゾーニングおよび維持・管理体制について検討を行い、それに伴う利用形態や利用者同士の事故やトラブルが起きないようにする施策を明らかにしておく必要があること。さらには、海岸環境整備事業前より悪くなった点に挙げられている利用者のマナーを向上させる啓蒙活動を推進していく必要がある。磯浜リゾートについては、地形など自然環境や造成素材の物理特性と生物相との関係をより詳細に把握するため、さらに調査を継続して行い検討する必要がある。また、人工磯を磯観察など環境教育の場として利用するためには、利用者が安全であることが最優先される。したがって、磯浜の潮間帯における利用者の安全性に関する検討も行っておく必要がある。最後に、海浜リゾートの設計法については、計画手順に示した自然・社会条件、地域特性、施設の配置や景観といった検討項目については、海浜リゾートが計画されている地区によってかなり異なるため、近畿圏だけでなく全ての地域において検討項目に関するデータを収集し、各地域ごとに判断基準となる指針を明確にする必要がある。また、主要施設の規模算定に際し、日集中度を除く所要原単位は既存の研究成果を用いて行ったが、これらについても計画されている地域によってかなり異なるため、それぞれの地域における所要原単位も明らかにしておく必要がある。造成された海

浜リゾートを恒久的に維持することが可能となるため、検討項目のなかに費用便益分析も加え検討する必要がある。さらに、我が国は世界に類をみないスピードで高齢化社会に向かっており、21世紀に向かっては高齢者や社会的弱者の利用を考慮した海岸環境整備事業が必要となろう。したがって、お年寄りや社会的弱者の参加が可能な利用方法や海浜条件などについても明らかにする必要がある。

このように本研究に関する残された課題も数多くあるが、著者はこれらの成果が人工海浜リゾートの造成や海岸環境整備事業に多少なりとも寄与するならば、望外の喜びである。

謝 辞

本論文を結ぶにあたり、本研究を遂行する上でご指導とご援助を頂いた方々に感謝の意を表したい。

京都大学防災研究所教授河田恵昭先生には、本研究の全過程にわたって終始一貫した暖かいご指導とご鞭撻を賜りました。ここに深甚なる感謝の意を表します。

関西大学工学部教授井上雅夫先生には、筆者が関西大学工学部水工学研究室（後の海岸工学研究室）へ配属されて以来、常々人のための学問である土木工学の素晴らしさや研究に対する姿勢などをご教示賜り、本研究の構想から全過程にわたって懇切丁寧なご指導を頂きました。そのうえ、このような興味深いテーマを与えて頂きましたことに深く感謝いたします。

京都大学工学部教授酒井哲郎先生および京都大学防災研究所教授高山知司先生には、海岸工学の幅広い見識に基づいた本研究に対する有益なご指摘やご助言を頂いたことに謹んで感謝の意を表します。

最後に、盛夏の海水浴場におけるアンケート調査や厳冬の真夜中の磯浜における生物調査など、本研究において最も重要な役割を占める現地調査に対して多大なご協力を頂いた当時関西大学工学部海岸工学研究室の大学院生および学部学生の諸君、ならびに貴重な資料を提供して頂いた関係官庁の諸氏に謹んで感謝の意を表したい。