

人工磯における付着動物の生息分布に関する現地調査

FIELD OBSERVATIONS ON HABITAT DISTRIBUTION OF MARINE ORGANISMS IN MAN-MADE ROCKY COAST

端谷研治¹・井上雅夫²・島田広昭³・柴橋朋希⁴

Kenji HASHITANI, Masao INOUE, Hiroaki SHIMADA and Tomoki SHIBAHASHI

¹正会員 工修 日本建設コンサルタント (〒141-0022 東京都品川区東五反田5-2-4)

²正会員 工博 関西大学教授 工学部土木工学科 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3-3-35)

³正会員 関西大学助手 工学部土木工学科 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3-3-35)

⁴学生員 関西大学大学院 工学研究科 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3-3-35)

The purpose of this study is to establish the construction technique of the man-made rocky coast aiming at coexistence with marine organisms. From such viewpoint, the field observations on marine organisms and their life environment were carried out in the seven man-made rocky coasts and natural one at Osaka Bay and Tohban Coast.

The result showed that there were most small marine organisms species of the man-made rocky coast in the bay inner part and that it is abounding as a marine organisms species of the man-made rocky coast of the place which separated from the bay inner part. The diversity and prosperity of marine organism in man-made rocky coast are influenced by the seawater motion due to wave and current. The diversity index and prosperity index of marine organism increase as reflection coefficient of the light and surface temperature of construction material are lower.

Key Words : man-made rocky coasts, marine organisms, diversity index, prosperity index

1. 緒言

近年、海岸・港湾施設の建設に際しても、生物との共生を目指したものが求められており、その代表的なものの一つとして人工海浜がある。そのなかでも、人工磯は、人工の砂浜に比べると、多様な付着動物の生息が期待されるため、大阪湾のようなところでは、従来の海岸保全施設の代替として、その施工例が見られるようになってきた。しかし、その造成技術に関しての知見は、いまだ十分に得られていないのが現状であろう^{1), 2)}。

この研究の最終的な目標は、豊かな付着動物相を有する人工磯の造成手法を確立することであるが、特に、この論文では、人工磯における付着動物の生息分布を調査し、その結果から、付着動物の多様性や繁栄性を向上させるための方策を、主として地形面から検討しようとした。

2. 調査内容

調査内容は大別すると二つある。一つは、図-1に示した大阪湾沿岸や東播海岸にある7カ所の人工磯と1カ所の天然磯での付着動物相に関するものである。この調査は、1998年8月から2000年2月までの間に8回、すべての

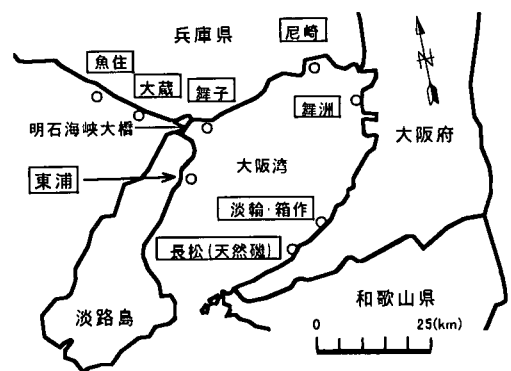
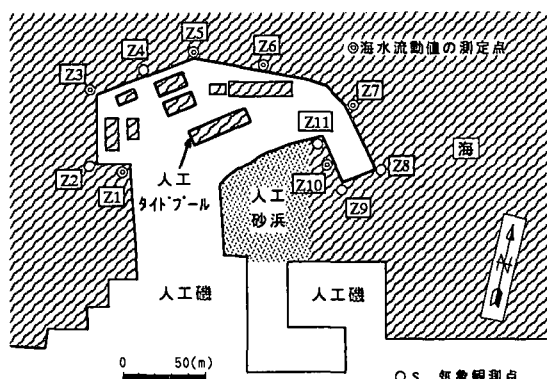


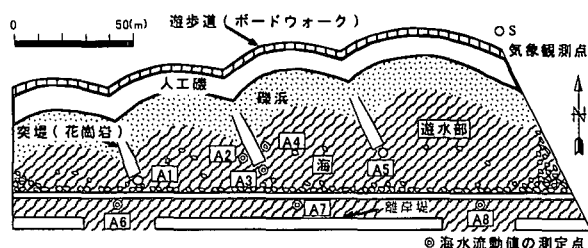
図-1 大阪湾沿岸および東播海岸にある人工磯

磯について同じ日の干潮時に実施したが、淡路島の東浦における人工磯については、1999年8月から調査対象として加えた。

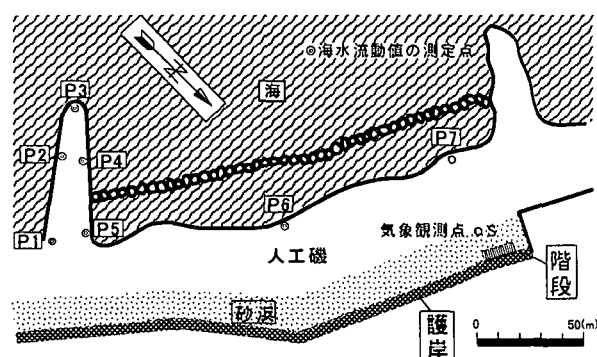
いま一つの調査は、人工磯内における付着動物の生息分布についてのものである。図-2(a), (b)および(c)には、調査対象とした淡輪・箱作、大蔵および魚住海岸の人工磯に設けた測点の位置を示した。まず、人工磯における付着動物の多様性や繁栄性に関する平面分布を明らかにするために、それぞれの人工磯には、海面からの高さが等しい測点、すなわち、淡輪・箱作海岸の人工磯では測点Z1~Z11、大蔵海岸では



(a) 淡輪・箱作海岸



(b) 大蔵海岸



(c) 魚住海岸

図-2 調査対象の人工島における測点

測点A1～A8, 魚住海岸では測点P1～P7を設け, そこでの付着動物の種と個体数を調査した. 特に, 人工島における波当たりの強弱が付着動物相に及ぼす影響を検討するため, 淡輪・箱作海岸の人工島では測点Z1, Z3, Z5, Z6, Z7およびZ10, 大蔵海岸では測点A2, A3, A4, A6, A7およびA8, 魚住海岸では測点P1～P6において, 石膏球法¹⁾によって, 海水流動値を求めた. さらに, いずれの人工島も造成素材は花崗岩であるが, すべての測点において, 調査時の光の反射率および表面温度を測定し, それらと生物指標との関係を検討した. これらの調査は, 淡輪・箱作海岸では1997年8月から1999年12月の間に9回, 魚住海岸では1998年9月から12月の間に3回, 大蔵海岸では1999年8月から12月の間に3回, それぞれ実施した. また, いずれの調査においても, 気象 (天候, 気温, 湿度, 風向, 風速) と水質 (水温, 塩分濃度, pH, DO, COD) の測定を行った.

3. 調査結果および考察

(1) 大阪湾および東播海岸にある人工島の付着動物相

図-3には, 各島における付着動物相を季節ごとに示した. なお, それぞれの島について示した棒グラフは, 左側から春, 夏, 秋および冬のもを順番に図示した.

これによると, 付着動物の確認種数は, いずれの季節についても, 泉南海岸の南端に位置する長松の天然島で最も多く, 湾奥部の舞洲で最も少ない. また, 全般的にみると湾奥部から離れたところにある人工島ほど, 付着動物の確認種数は増加するようである. さらに, 泉南海岸のものは, いずれの季節においても, 付着動物相が類似しており, 東播海岸のものについても, 若干ではあるが同様のことがいえる. また, 泉南海岸と東播海岸の人工島では, 秋季に付着動物の確認種数が最も多く, 冬季には多足類に属するものが減少するため, 全体の確認種数は少なくなる. このように, 人工島のなかでは淡輪・箱作のものが, いずれの季節においても, 他のものに比べて, 豊かな付着動物相を形成しているといえよう.

図-4には, 各島における付着動物相の確認種数の経時変化を示した.

これによると, ほとんどの島の確認種数は, 1999年の6月や10月で最も多く, 1月や12月に最も少なくなるが, 8月にも減少する傾向がみられる. また, 泉南海岸の天

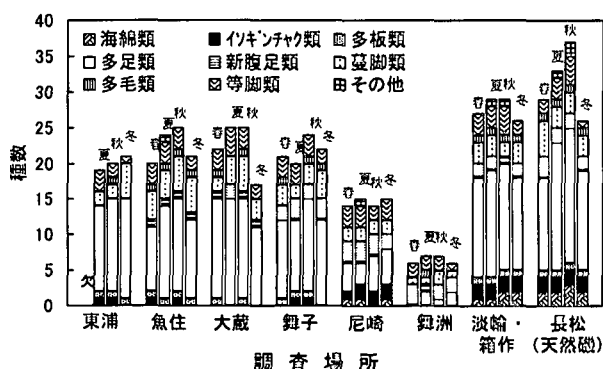


図-3 各島における季節ごとの付着動物相

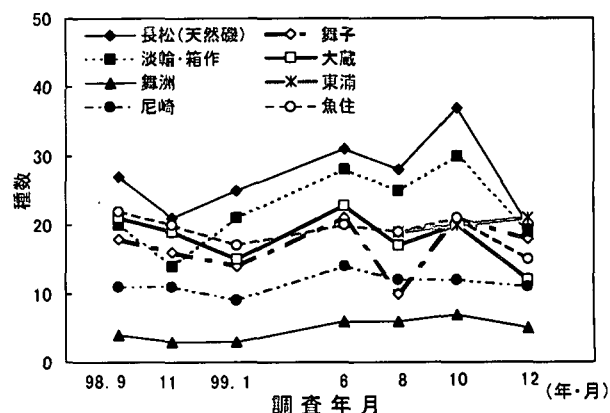


図-4 各島における確認種数の経時変化

然磯と淡輪・箱作の人工磯における確認種数の変動傾向は類似している。このことは、東播海岸にある舞子、大蔵および魚住のものについても同様である。さらに、湾奥部の舞洲や尼崎の確認種数は、年間を通じて変動があまりなく、ほぼ一定であるが、その数は少ない。

以上、大阪湾沿岸および東播海岸の人工磯における付着動物相について検討してきたが、さらに、調査対象とした人工磯のなかでも、比較的豊かな付着動物相を有している淡輪・箱作、大蔵および魚住海岸の人工磯に着目し、そこでの付着動物の生息分布に関する詳細な検討を行った。

(2)人工磯における付着動物の生息分布

a)海水流動値の平面分布

図-5(a), (b)および(c)には、それぞれ淡輪・箱作、大蔵および魚住海岸の人工磯における海水流動値の測定結果を夏、秋および冬の季節ごとに示した。

(a)図に示した淡輪・箱作海岸の人工磯の海水流動値は、測点Z10のものを除くと、季節的には、夏季から冬季にかけて大きくなる。また、いずれの季節においても、突堤の沖側に位置する測点Z3、Z5、Z6およびZ7での海水流動値は、岸側の測点Z1およびZ10のものに比べて大きい。

(b)図に示した大蔵海岸の人工磯のものをみると、明瞭な季節変動はみられないが、いずれの季節においても、沖側の測点A6～A8での海水流動値は、岸側の測点A2～A4のものに比べて大きい。特に、離岸堤の開口部に位置する測点A6やA8でのものは大きい。

(c)図に示した魚住海岸の人工磯のものについても、明瞭な季節変動はみられないが、いずれの季節でも、突堤の沖側の測点P2～P4の海水流動値は、岸側の測点P1、P5およびP6のものに比べて大きい。そのなかでも、突堤の先端にある測点P3は、季節にかかわらず波当たりが強い。

これらのことから、いずれの磯においても、調査日の条件の違いによって、明瞭な季節変化はみられないが、夏季に比べて、秋季や冬季には波当たりが強くなるような傾向はみられる。また、いずれの人工磯についても、沖側の測点での海水流動値は、岸側でのものよりも大きいことが明らかになった。

b)生物指標の平面分布

図-6(a), (b)および(c)は、それぞれ淡輪・箱作、大蔵および魚住海岸の人工磯における生物指標^{4), 5)}の平面分布を季節ごとに示したものである。

(a)図に示した淡輪・箱作海岸の人工磯のものをみると、季節を通して、多様性指数は、測点Z2、Z3、Z6およびZ8で大きく、測点Z10やZ11では小さい。また、突堤の沖側にありながら、測点Z4、Z5およびZ7のものは、その値が小さい。これは、これらの測点での波当たりが、図-5(a)に示したように、特に強いためである。すなわち、それらの場所には、波当たりに対して強い耐性を持つものしか生息できないため、それが優占種となり、そこでの多様性が低下したものと考えられる。また、季節的にみると、突堤の沖側の測点では、明瞭な変動傾向はみられないが、岸側の測点Z1、Z2およびZ11などでは、秋季に多様性指数は大きくなるようである。繁栄指数は、突堤の沖側の測点Z3～Z8で大きく、岸側の測点Z1、Z2、Z10およびZ11では小さい。また、季節的にみると、突堤の沖側の測点では、夏季から冬季にかけて、繁栄指数は減少するが、岸側では、明瞭な傾向はみられない。

(b)図に示した大蔵海岸の人工磯のものをみると、多様性指数は、沖側の測点A7やA8で大きく、A4を除くと、岸側の遊水部にある測点A1～A5では小さい。繁栄指数については、沖側での測点A6～A8で大きく、測点A1～A5では小さい。また、沖側の測点のなかでも、測点A6の夏季には、繁栄指数が極めて大きくなっているが、これは、クロフジツボが優占種として生息していたためである。また、いずれの生物指標についても、明瞭な季節変動はみられない。

(c)図に示した魚住海岸の人工磯のものをみると、多様性指数は、季節的な変動が大きく明確ではないが、測点P2、P4およびP5で大きく、測点P1やP7で小さい。また、突堤の先端にある測点P3でも、波当たりが特に強いため、多様性指数は小さくなっている。季節的には、突堤の沖側の測点での多様性指数は、夏季から冬季にかけて小さくなるが、岸側のものには、明瞭な傾向はみられない。繁栄指数は、測点P4やP5の秋季には大きい、測点P1、

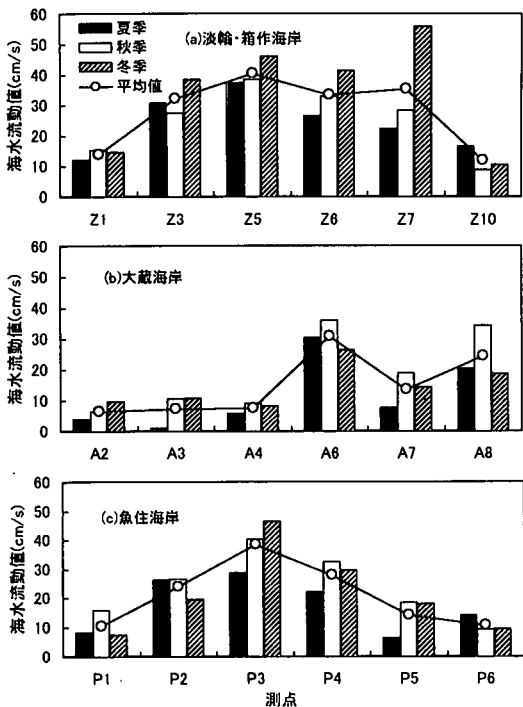
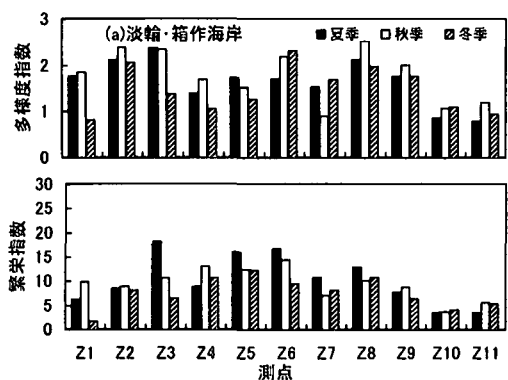
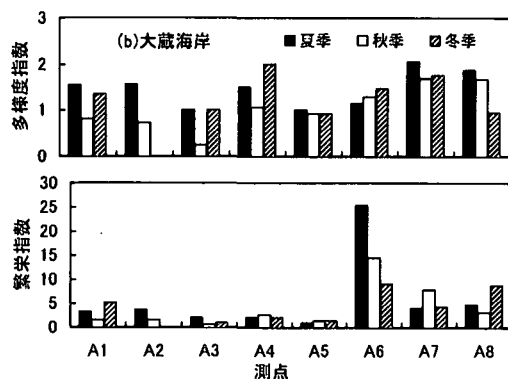


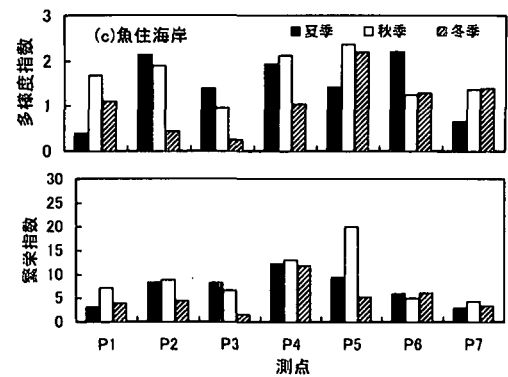
図-5 海水流動値の測定結果



(a) 淡輪・箱作海岸



(b) 大蔵海岸



(c) 魚住海岸

図-6 各磯における生物指標の平面分布

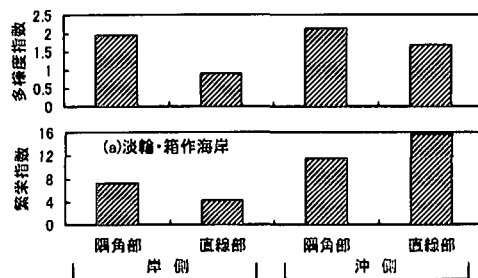
P6およびP7で小さい。また、その季節変動については、多様度指数と同様に、突堤の沖側では、夏季から冬季にかけて小さくなるような傾向がみられるが、岸側では、明瞭な傾向はみられない。

これらのことから、いずれの人工磯についても、沖側の測点では、季節を問わず、ある程度の波当たりがあるため、そこでの湿潤状態が保たれやすく、付着動物の多様性は高くなる。しかし、波当たりが特に強いところでは、そこに生息できる付着動物が限定されるため、そこでの多様性は低下する。また、淡輪・箱作や魚住海岸の人工磯における突堤の岸側、大蔵海岸の人工磯における遊水部のような閉鎖性の強いところでは、海水の交換が少なく、波当たりも弱いため、付着動物の多様性は低下する。

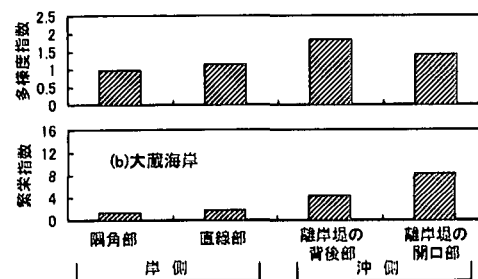
c)人工磯の平面形状と生物指標

図-7(a), (b)および(c)には、それぞれ淡輪・箱作、大蔵および魚住海岸の人工磯における測点の位置と付着動物の生物指標との関係を示した。特に、ここでは、それぞれの磯に設置した測点を法線形状の面からみて、表-1のように分類した。なお、ここでの生物指標の値は、すべての調査日における平均値を用いた。

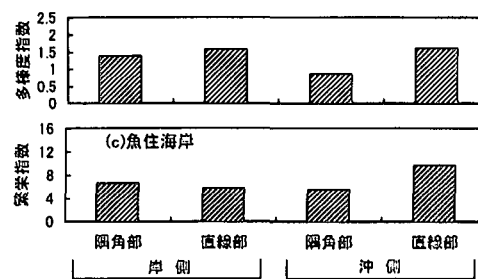
(a)図に示した淡輪・箱作の人工磯における多様度指数は、突堤の沖側と岸側のいずれについても、法線形状の隅角部で大きい。これは、法線形状の隅角部では、多



(a) 淡輪・箱作海岸



(b) 大蔵海岸



(c) 魚住海岸

図-7 人工磯における測点の位置と生物指標

表-1 法線形状からみた測点の分類

調査場所	沖側		岸側	
	隅角部	直線部	隅角部	直線部
淡輪・箱作	隅角部 Z3, Z8	直線部 Z4, Z6, Z7	隅角部 Z1, Z2	直線部 Z10, Z11
大蔵	離岸堤の背後部 A7	離岸堤の開口部 A6, A8	隅角部 A1, A3, A5	直線部 A2, A4
魚住	隅角部 P3	直線部 P2, P4	隅角部 P1, P5, P7	直線部 P6

方向からの波が入射するため、そこでの波当たりの強弱の変動が大きく、波当たりの強さに対応した付着動物が生息して、そこでの多様性は高くなるためと考えられる。繁栄指数については、このような違いはみられず、突堤の沖側で大きく、岸側で小さくなる。

(b)図に示した大蔵の人工磯における多様度指数は、沖側で大きく、岸側で小さい。これらのことは、繁栄指数についても同様であるが、その傾向は若干異なる。すなわち、繁栄指数は離岸堤の開口部で大きいのに対し、多様度指数はその背後部で大きくなる。これは、離岸堤の開口部では、波当たりが強く、そこには、波当たりに対して強い耐性を持つものしか生息できないためである。これに対し、離岸堤の背後部は、離岸堤で波が遮蔽されるものの、付着動物にとっては適度な波当たりになり、このことが、付着動物の生息に適した環境を創出しているものと思われる。

(c)図に示した魚住の人工磯における多様度指数は、沖側隅角部で小さい。これは、突堤の先端にある測点P3での波当たりが特に強いいため、前述のように優占種が発生し、そこでの付着動物の多様性が低下したためである。繁栄指数は、淡輪・箱作海岸のものと同様に、若干ではあるが、突堤沖側の直線部で大きくなるようである。

これらのことから、付着動物の多様性は、人工磯の法線形状において隅角部で高くなるような傾向がみられるが、波当たりの特に強いところでは、隅角部であっても、多様性は低下する。また、付着動物の繁栄性は、いずれの人工磯においても、岸側よりも沖側で高く、法線形状の違いによる影響は、あまりみられない。

d)付着動物相に及ぼす海水流動値の影響

これまで、人工磯における付着動物の平面分布を測点の位置から検討してきた。その結果、付着動物の生息状況には、そこでの波当たりの強弱が影響していることが明らかになった。そこで次に、人工磯における海水流動の強弱と付着動物相との関係について検討した。

図-8(a)、(b)および(c)には、それぞれ淡輪・箱作、大蔵および魚住海岸の人工磯における付着動物の生息割合と無次元海水流動値との関係を示した。なお、ここでの無次元海水流動値とは、各測点における海水流動値を調査日ごとの平均値で除して、無次元化したものである。

(a)図に示した淡輪・箱作海岸の人工磯のものをみると、無次元海水流動値が約1.0で多様な付着動物がほぼ均等に生息していることがわかる。特に、ツタノハガイ科に属するものの生息割合は、無次元海水流動値の増大に伴って大きくなるのに対し、ニシキウズガイ科に属するものの生息割合は、逆の傾向を示している。これらのことについては、次のような理由が考えられる。すなわち、ツタノハガイ科に属する代表的なものは、マツバガイやヨメガサガイであり、これらはいずれも笠貝で強い固着性を持ち、海水流動値の大きいところに生息する

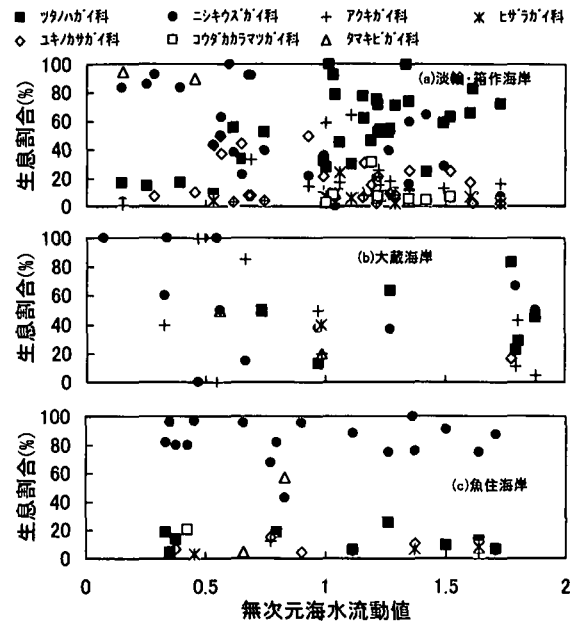


図-8 付着動物の生息割合と海水流動値との関係

ためである。一方、ニシキウズガイ科に属する代表的なものは、コシダカガンガラやインダタミガイであり、これは巻き貝で固着性が弱く、海水流動値の小さいところに多く生息するためと考えられる。したがって、淡輪・箱作海岸の人工磯で波当たりが極端に強いところや弱いところでは、その波当りに適応した種が優占種となることが多く、そこでの多様性は低下している。

(b)図に示した大蔵海岸の人工磯のものをみると、データ数が少なく、明瞭な傾向はみられないが、淡輪・箱作海岸の人工磯のものと同様に、無次元海水流動値が約1.0で、それぞれの種が均等に生息しているといえよう。また、無次元海水流動値が大きいところでは、ツタノハガイ科に属するもの、それが小さいところではニシキウズガイ科に属するものの生息割合が大きいことも、淡輪・箱作海岸の場合と同様である。

(c)図に示した魚住海岸の人工磯のものをみると、無次元海水流動値とは関係なく、ニシキウズガイ科に属するものの生息割合が大きい。しかしながら、若干ではあるが、無次元海水流動値が約0.8のところで、数種の付着動物が生息している。

以上のように、海水流動の強弱は、人工磯における付着動物の生息状況に影響を及ぼし、いずれの人工磯においても、波当たりの特に強いところや弱いところでは、ある種による優占傾向が強まるため、そこでの付着動物の多様性は低下する。

e)造成素材の物性と生物指標

図-9(a)および(b)には、淡輪・箱作、大蔵および魚住海岸の人工磯における造成素材である花崗岩の物性と生物指標との関係を示した。なお、(a)図は光の反射率、(b)図は表面温度についてのものであり、造成素材の物

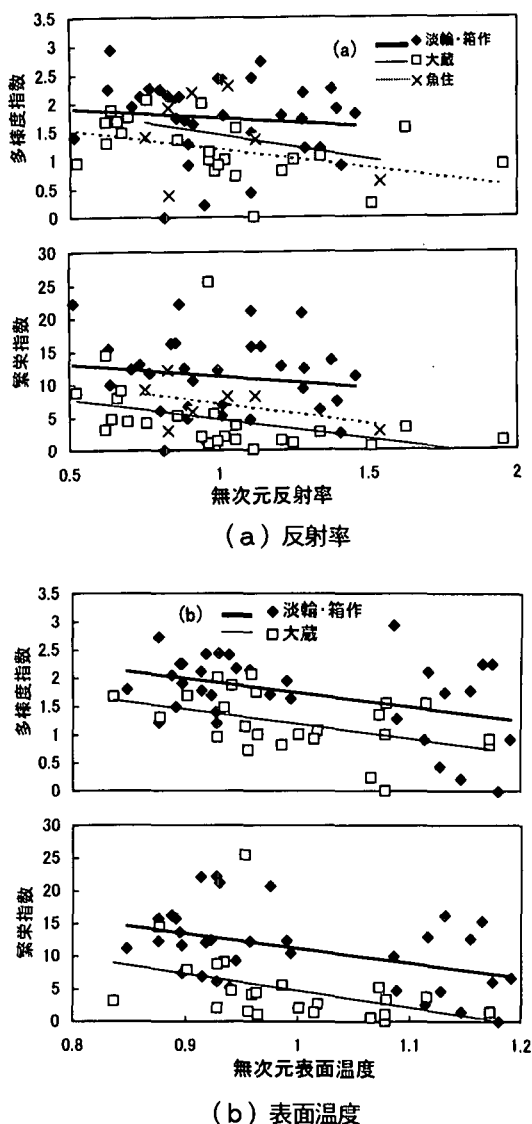


図-9 造成素材の物性と生物指標との関係

性に関する値は、各測点での測定値を調査日ごとの平均値で除して無次元化したものである。

これによると、いずれのものについても、データにばらつきがみられる。しかし、(a)図に示した光の反射率については、いずれの人工磯のものも、その値が大きいほど、多様性指数は小さい。このことは、繁栄指数についても同様である。(b)図に示した表面温度については、いずれの人工磯のものも、表面温度の低下に伴い、多様性指数や繁栄指数は大きくなる。

これらのことから、淡輪・箱作、大蔵および魚住海岸の人工磯における造成素材は、いずれも花崗岩であるが、光の反射率が小さく、表面温度が低下した場合には、付着動物の多様性や繁栄性は向上する。すなわち、人工磯の造成素材としては、反射率の小さい色相の濃い岩石を用いることが望ましい。また、その表面温度は低いほど、付着動物の多様性や繁栄性が高くなることから、人工磯には、起伏に富んだ地形のタイドプールを造成し、表面温度を上昇させないような工夫も必要である。

4. 結 語

以上、大阪湾沿岸および東播海岸の人工磯における付着動物の生息分布を調査し、豊かな付着動物相を有する人工磯の造成手法を、主として地形と造成素材の面から検討してきたが、それらの結果をまとめると次のようである。

- (1)付着動物の確認種数は、湾奥部の舞洲が最も少なく、そこから離れたところにある人工磯ほど増加する。また、同じ海域にある人工磯での付着動物相は類似の傾向を呈している。
- (2)付着動物の多様性は、人工磯の法線形状において隅角部に相当するところで高くなるような傾向がみられるが、波当たりの特に強いところでは、隅角部でもその多様性は低下する。また、付着動物の繁栄性は、いずれの人工磯においても、岸側よりも沖側で高く、法線形状の違いによる影響は、あまりみられない。
- (3)人工磯における海水流動の強弱は、付着動物相に影響を及ぼしており、いずれの人工磯においても、波当たりの特に強いところや弱いところでは、ある種による優占傾向が強まり、そこでの多様性は低下する。
- (4)淡輪・箱作、大蔵および魚住海岸における人工磯の造成素材は、いずれも花崗岩であるが、光の反射率が小さく、表面温度の低い場合に、付着動物の多様性や繁栄性は高くなる。

謝辞：最後に、本研究に際し種々のご協力をいただいた大阪府港湾局や公園課、建設省姫路工事事務所、兵庫県、大阪市および明石市の関係各位、ならびに調査や資料整理に熱心に協力してくれた関西大学海岸工学研究室の学生諸君に謝意を表する。なお、この研究には、関西大学学術フロンティア・センターの研究費を使用した。ここに明記して謝意を表する。

参考文献

- 1)井上雅夫・島田広昭・桜井秀忠・柄谷友香：生物との共生をめざした人工磯の造成素材に関する現地調査，海岸工学論文集，Vol.45(2)，pp.1116～1120，1998。
- 2)井上雅夫・島田広昭・桜井秀忠・端谷研治：大阪湾沿岸および東播海岸における人工磯の付着動物相に関する現地調査，海岸工学論文集，Vol.46(2)，pp.1171～1175，1999。
- 3)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，Vol.38-2，pp.127-133，1990。
- 4)木元新作：動物群集研究法Ⅰ－多様性と種類組成－，pp.54～64，共立出版，1976。
- 5)木元新作・武田博清：群集生態学入門，pp.123～129，共立出版，1989。