

生物との共生をめざした人工磯の生態工学的研究

井上雅夫*・島田広昭**・鉄川 精***・中村克彦****

1. 緒 言

近年、わが国の海岸では人工海浜の造成事例が多くみられる。これは、人工海浜のもつ多様な機能が高く評価されてきたためであろう。しかしながら、その多くは海水浴場などとして利用される砂浜海岸である。一方、最近の海岸整備に際しては、親水性のみならず、生物や生態系との共生をめざしたものが求められるようになってきた。このようなことから、大阪府では、多様な生態系が存在し、良好な自然環境を創造するものとして、大阪湾に面した淡輪・箱作海岸に人工磯を計画し、現在、その工事を着々と進めている（鉄川ら、1993）、（島田ら、1994）。

本研究の目的は、この人工磯を調査対象とした環境と生物相に関する定期的な現地調査を継続して実施し、この人工磯が自然環境になじんでいく過程を明らかにしようとするものである。さらに、こうした人工磯の造成に際しては、天然磯にみられるような生態系の再現を目ざすべきであるという立場から、人工磯と天然磯の現地調査をほぼ同じ時期に実施し、それらの結果を比較、検討することによって、人工磯が親水性に富み、豊かな生態系を有するためには、どのような自然環境条件を備えるべきかを明らかにしようとした。

2. 調査内容

現地調査は、1986年秋から造成を開始した前述の人工磯とその南西約4kmの位置にある長松自然海岸の天然磯で行った。人工磯は、辺長が約1m程度の花崗岩の角石を空積みしたものであり、地形は平坦な箇所が多く、そこには二つの大型タイドプールがある。一方、天然磯は、人工磯とほぼ同じ海域にあり、和泉砂岩層の波食台地で形成された波食棚すべてが潮間帯におさまるもので、そこには大小さまざまなタイドプールがある。調査は、人工磯では1992年9月17日から95年1月31日の

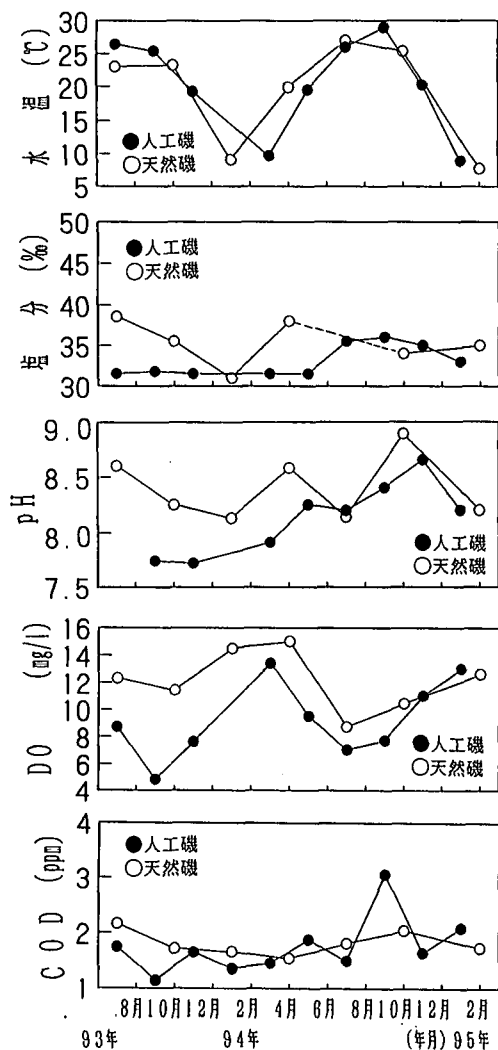
間に、ほぼ2ヵ月に1日の割合で合計15日、天然磯では1993年7月22日から95年2月3日の間に、ほぼ3ヵ月に1日の割合で合計7日実施した。調査項目のうち、天候、気温、湿度、風向および風速についてはそれぞれの磯の背後にある護岸上で、また、海水の水温、塩分、pHおよびDOについては調査地域内の3～5測点で、それぞれ1時間ごとに測定を行った。さらに、CODについては、それぞれの磯の3～5測点に加えて、人工磯に隣接した人工砂浜や淡輪漁港でも測定を行った。生物調査は、まずそれぞれの磯における生息生物種の確認を行った。また、人工磯では、二つの大型タイドプール内における付着動物の個体数（個体の多い種については被覆率）を測定し、その平面分布を明らかにした。さらに、人工磯のなかで波当たりの異なる2地点を選定し、そこでの付着動物の垂直分布を調査した。一方、天然磯では、護岸法線に垂直方向の測線に沿って、人工磯と同様な調査を行い、付着動物の岸沖方向の分布を明らかにした。

3. 調査結果と考察

3.1 水 質

図-1は、人工磯と天然磯における水温、塩分、pH、DOおよびCODの93年7月以降の経年変化である。これによると、まず水温は、いずれの磯においても、ほぼ同じ季節変化がみられる。塩分については、天然磯では季節変動が大きいのにに対し、人工磯ではあまりみられず、塩分はやや低いことがわかる。これについては、人工磯が天然磯よりも閉鎖的であることや人工磯が淡水の影響を受けやすいことがその理由として考えられるが、詳細は明らかでない。pHについては、ほとんどの調査日において天然磯のほうが人工磯よりも高い。これについては、天然磯では、海藻類などの炭酸消費量が動物などによる炭酸供給量よりも多いためと考えられる。DOについても、全般的に天然磯のほうが人工磯よりも高い。これは、天然磯が人工磯よりも波当たりが強く、海水面からの酸素の溶解が多いためと考えられる。CODについては、人工磯で94年9月にきわめて高い値を示すなど若干変動しているが、両磯での著しい差異はみられず、ほぼ同じ変化を示している。以上のように、両磯の水質について

* 正会員 工博 関西大学教授 工学部土木工学科
 ** 正会員 関西大学助手 工学部土木工学科
 *** 関西大学教授 工学部教養生物学教室
 **** 正会員 工修 水産庁漁港部計画課

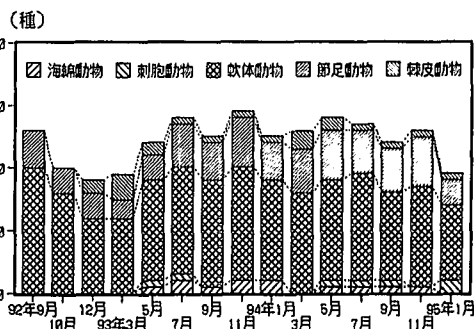


図一 人工磯と天然磯における水質の比較

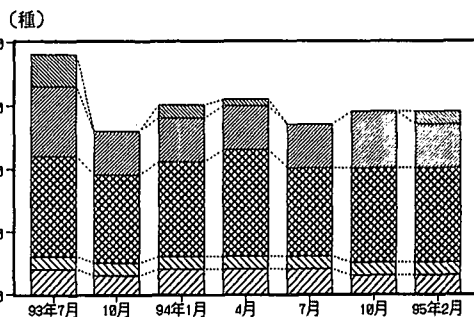
は、あまり顕著な差異はみられず、その値も DO を除き、大阪湾での一般的な値とほぼ一致している。特に、COD については、人工砂浜や淡輪漁港の値よりも低く、ほとんど 2 ppm 以下であり、いずれの磯の水質も良好である。

3.2 動物種

図-2 は、各調査日において確認された生息動物の種数である。これによると、確認種数は人工磯では、93 年と 94 年の 11 月のものを除くと、夏季に増加し、冬季に減少する傾向がみられる。一方、天然磯では、93 年 7 月のものを除くと、こうした季節変化はあまりみられない。すなわち、これらの確認種数の季節変化は天然磯よりも人工磯のほうが大きいといえる。また、ほぼ同時期の調査で確認された動物種数を比較すると、94 年 7 月は同数であるが、93 年 7 月では 10 種、94 年 1 月では 5 種、95 年



(a) 人工磯



(b) 天然磯

図-2 人工磯と天然磯で確認された動物種数

表-1 両磯における動物の個体数の比較

確認された代表的な動物		天然磯を100としたときの人工磯の個体数	
		94年 7 月	95年 1 月
カサガイ類	マツバガイ	0.06	0.09
	アオガイ類	0.27	0.68
巻貝類	イシダミガイ	1.02	1.64
	コシダカガンガラ	6.52	5.03
節足動物	イワフジツボ	47.15	79.41

1 月では 10 種といずれも天然磯のほうが多い。特に、人工磯のもののほとんどは軟体動物と節足動物であるが、天然磯ではこれらのほかに海綿、刺胞、棘皮動物も多くみられる。さらに、表-1 に示すように両磯における生息動物の個体数を比較すると、94 年 7 月から 95 年 1 月にかけては、人工磯における動物の個体数は、多くの種で増加しているが、天然磯に比べるとかなり少なく、節足動物では約 80 %、巻貝類では 2~5 %、カサガイ類では 1 %程度しか生息していない。以上のことを生態工学的な手法で図示したものが図-3 である。これは、動物群集の各種を個体数の多い種から順に配列し、横軸にその順位 i 、縦軸にその個体数 N_i をとったものである。この図からも、天然磯の生物は人工磯のものに比較して、多様性

に富んでいることがわかる。このように、天然磯における生物が多様性に富む理由の一つとして、タイドプールの存在が挙げられる。表-2は、天然磯に点在する種々のタイドプールの特徴であり、生息種や個体数の多いタイドプールは、A3、B2、B3およびB4である。これらは護岸から離れたところに位置し、ある程度の水深をもつとともに表面積が広く、側面や底面に凹凸があり、その内部には海藻類が繁茂しているものである。すなわち、タイドプール中の海藻類は動物の餌になったり、隠れ場所となること、また、動物の活動に必要な酸素供給を行い、きわめて有効な役割を果たしているものと考えられる。したがって、このようなタイドプールの存在をはじめとして、地形が複雑な天然磯のほうが、単純な地形の人工磯よりも、多くの生物の生息環境としては適しているものと考えられる。

3.3 付着動物の平面および垂直分布

図-4は、人工磯にある大型タイドプールで外海への

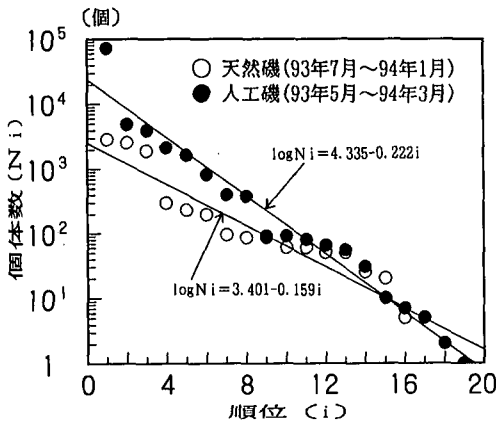


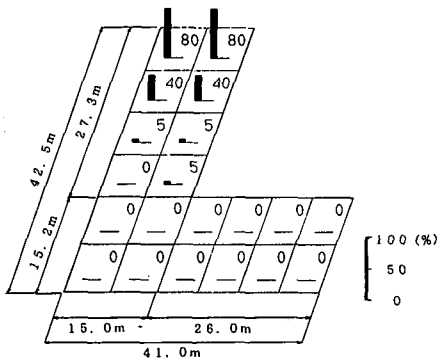
図-3 人工磯と天然磯における生息生物の多様性の比較

開口部が一つでL字型をしたタイドプールAおよび開口部が二つでU字型をしたタイドプールBにおけるイワフジツボの平面分布を示した。これらによると、イワフジツボはいずれのタイドプールでも開口部付近に非常に多く生息し、開口部から奥にいくほど急激に減少している。また、U字型のタイドプールBではタイドプールの奥部でも被覆率は小さいが生息している。しかし、L字型のタイドプールAではその奥部には生息していない。したがって、U字型タイドプールは、形状的にはL字型を二つ合わせたものになっているが、その生物分布はL字型の生物分布を単純に二つ足し合わせたものとは異なっている。この原因としては、開口部が2カ所あるタイドプールのほうがその内部においても海水の交換があるためと考えられる。図-5および6は、タイドプールBにおけるイシダミガイおよびカラマツガイの平面分布である。これらによると、イシダミガイはタイドプールのほぼ全域に分布しており、イワフジツボの分布とはかなり異なっている。イシダミガイは、干潮時には岩の隙間で休止しているが、上げ潮時や下げ潮時になると採餌活動のため活発に行動するので、このようにタイドプールのほぼ全域に広く分布するものと思われる。一方、

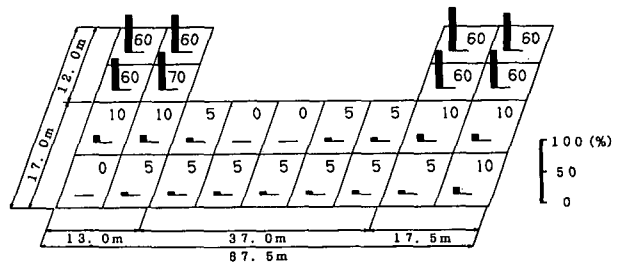
表-2 天然磯におけるタイドプールの特徴

タイドプール	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4
D.L.上の高さ (cm)	212	214	176	194	192	128	138	115
護岸からの距離 (m)	0.9	2.6	5.1	4.0	2.8	9.3	8.8	7.4
最大深さ (cm)	11	7	11	6.5	8	17	11	8
長 径 (cm)	126	206	170	100	178	284	170	176
表面積 (m ²)	0.21	0.88	0.93	0.41	0.51	1.23	1.03	0.95
小石の有無	△	×	○	×	○	△	○	○
海藻の有無 (%)	5	5	15	0	0	25	20	15

注) ○：多く確認された △：一部確認された ×：確認されなかった



(a) タイドプールA



(b) タイドプールB

図-4 イワフジツボの平面分布

カラマツガイは、タイドプールの開口部付近だけに分布しており、開口部から15m以上離れた奥部では1個体も確認されていない。なお、図示はしていないが、イシダミガイやカラマツガイのようなタイドプール全域に分布するものや開口部付近だけにしか生息しないものの分布には、タイドプールの形状の影響はほとんどみられないことがわかった。以上のように、タイドプール内における付着動物の平面分布は、三つに大別されるが、その原因としては、それらの餌の違いや採餌法、さらには岩礁露出時の耐乾性や耐塩性の違いなどが考えられる。

図-7(a)~(c)は、人工磯に生息する代表的な生物であるアラレタマキビガイ、イワフジツボおよびアオガイ類の波当たりの激しい測点における垂直方向の分布を各調査日ごとに示した。なお、(a)および(b)図の横軸は

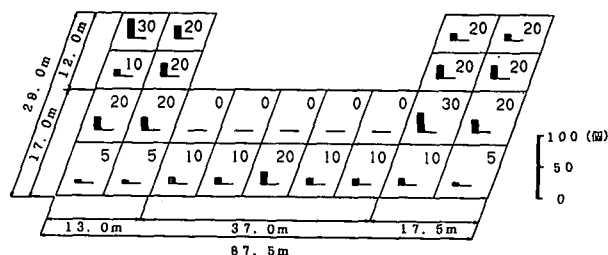


図-5 イシダミガイの平面分布

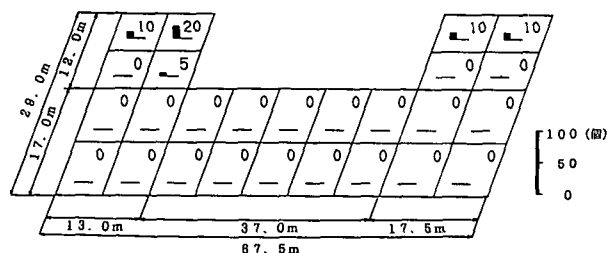


図-6 カラマツガイの平面分布

被覆率であり、(c)図の横軸は個体数である。これらによると、(a)図のアラレタマキビガイについては、他の2種よりも上層に生息していることがわかる。これは、アラレタマキビガイが乾燥に強く、水中よりも飛沫帯を好むためである。(b)図のイワフジツボについては、一般的に広い範囲で生息しているが、その中でも、潮間帯のほぼ上位に集中している。これは、固着性のイワフジツボが採餌活動を行うのは、波当たりの強い箇所であるためである。(c)図のアオガイ類については、他の二つのものに比較して下層に生息している。これは、アオガイ類が岩表面の付着藻類を摂食しているため、藻類が多く付着する干潮線付近を中心に分布するものと考えられる。なお、波当たりの弱い測点での垂直分布も図-7に示したものとほぼ同様である。以上のように、人工磯における生息動物の垂直方向の分布についても、その耐乾性や採餌法の違いによって、大別して3つに分類できる。なお、図示はしていないが、その他の動物についても、これらのいずれかに属するようである。

図-8は、天然磯の海浜断面とその測線における代表的な動物の岸沖方向の分布である。調査日は94年7月23日である。これによると、タテジマイソギンチャクとヨロイソギンチャクとは良く似た分布形状を示し、これらは護岸付近ではあまりみられないが、地形に段差などの凸凹があるところに分布し、比較的広い範囲にわたって生息している。すなわち、潮間帯の広域で生息し、小石などへの付着はみられず、岩表面の穴や窪みに入り込み、隠れるように付着している。マツバガイ、アオガイなどのカサガイ類については、ベッコウカサガイを除くと、いずれも良く似た分布形状を示している。カサガイ類の生息範囲は比較的広く、地形に段差のあるところや、小石や岩片が多く存在しているような場所に多く生息してい

図-8は、天然磯の海浜断面とその測線における代表的な動物の岸沖方向の分布である。調査日は94年7月23日である。これによると、タテジマイソギンチャクとヨロイソギンチャクとは良く似た分布形状を示し、これらは護岸付近ではあまりみられないが、地形に段差などの凸凹があるところに分布し、比較的広い範囲にわたって生息している。すなわち、潮間帯の広域で生息し、小石などへの付着はみられず、岩表面の穴や窪みに入り込み、隠れるように付着している。マツバガイ、アオガイなどのカサガイ類については、ベッコウカサガイを除くと、いずれも良く似た分布形状を示している。カサガイ類の生息範囲は比較的広く、地形に段差のあるところや、小石や岩片が多く存在しているような場所に多く生息してい

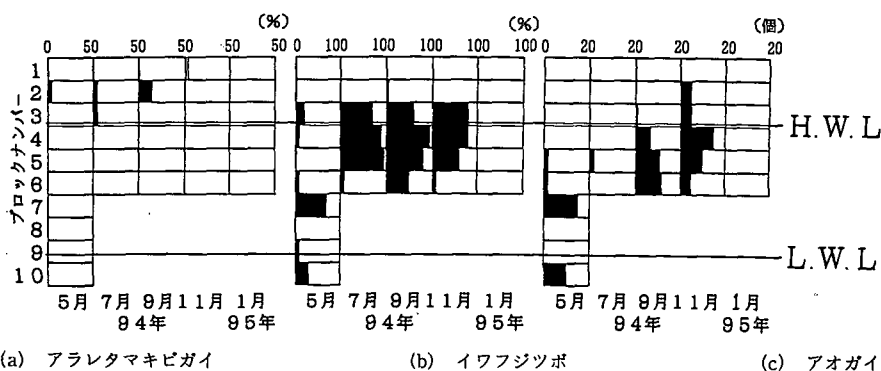


図-7 人工磯における代表的な動物の垂直分布

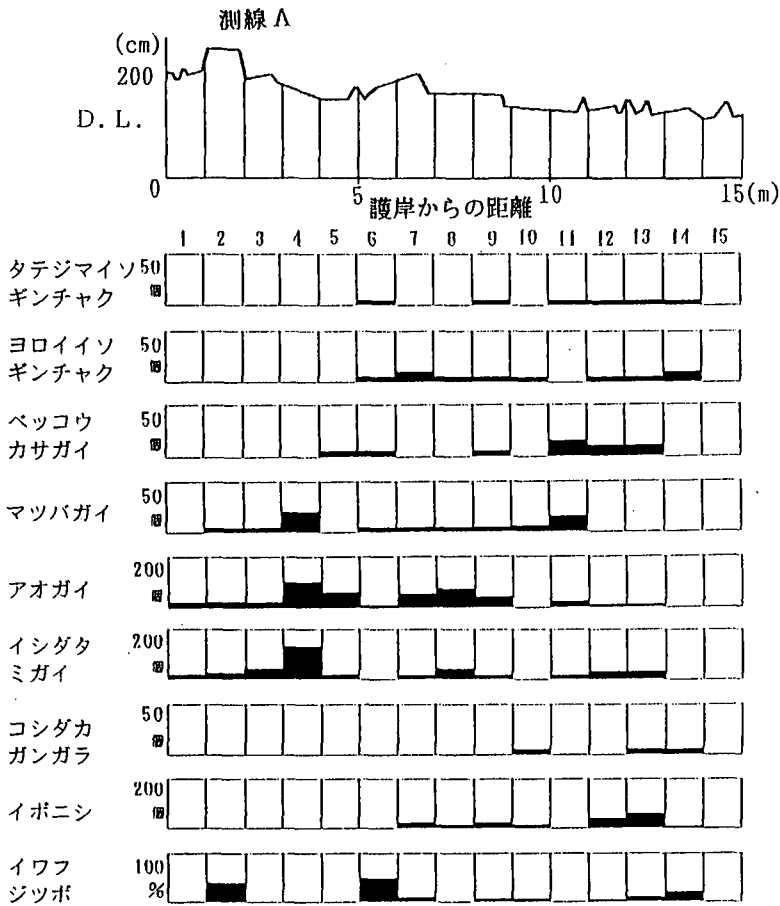


図-8 天然磯における生息生物の岸沖分布

る。特に、大きく成長したカサガイ類は、段差の凹部や、大きな岩の底部にある隙間などで非常に波当たりの強い場所を好んで生息する。これに対し小さいカサガイ類は、起伏は小さいが微地形の発達した場所で、転石などに多く付着している。また、カサガイ類は大きさにかかわらず、個々に点在するのではなく、小さきまざまな集団を作って生息している。ベッコウカサガイについては、他のカサガイ類よりも若干沖側に生息範囲をもつようである。巻貝類については、コシダカガンガラとイボニシは分布形状の特徴はあまり明確ではないが、イシダタミガイは前述したカサガイ類と良く似た分布形状を示している。また、巻貝類の特徴として、岩や石の表面よりもあ

まり乾燥しない岩棚の下や転石の下に集団で生息していることが多い。これは、巻貝類が波浪から身を守るためだけでなく、餌となる微生物などが多く生息している場所を好むためである。イワフジツボは、地形に段差や凸凹のある箇所に分布し、水面下にある時間が短いところに多く生息していることがわかる。これは、フジツボ類が乾燥に強いことや、このような場所では波当たりが強く、常に海水交換が活発に行われるため、固着性の動物にとって採餌や呼吸活動を行いやすいことによるものと考えられる。以上のように、天然磯における生物の岸沖分布の分布状況については、それぞれの種によって大きく異なるが、一般に波食溝など微地形の発達した場所や転石などの多い場所に多く生息していることがわかった。

4. 結 語

以上、人工磯が生物との共生をめざすためには、どのようなものにすべきかを明らかにするため、現在工事中の人工磯とその近傍に

ある天然磯において、水質と生物相に関する調査を行い、その結果について述べてきた。

今後も、こうした調査を長期にわたって実施し、人工磯の造成に関するガイドラインを策定できるように努めていきたい。最後に、本調査に協力して下さった多くの関係各位に深甚な謝意を表する。

参 考 文 献

- 島田昭・中村克彦・鉄川 精・井上雅夫 (1994): 磯浜海岸の環境と生物相に関する調査研究, 海洋開発論文集, Vol. 10, pp. 129-134.
鉄川精・島田昭・井上雅夫 (1993): 人工磯浜の環境と生物分布に関する調査研究, 海洋開発論文集, Vol. 9, pp. 397-402.