

礫浜海岸における付着動物相と底質特性 に関する現地調査

FIELD OBSERVATIONS ON MARINE ORGANISMS AND SEDIMENTS IN GRAVEL BEACH

井上雅夫¹・島田広昭²・桜井秀忠³・端谷研治³

Masao INOUE, Hiroaki SHIMADA, Hidetada SAKURAI and Kenji HASHITANI

¹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)

²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)

³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 disclose the relationship between marine organisms and sediments in gravel beach. From this viewpoint, the field observations on marine organisms are carried out in a man-made gravel beach and natural one. It is found that the diversity index of marine organisms in gravel beach depends on the time of exposure from sea water and the volume of gravel. For this reason, the the diversity index on marine organism in natural gravel beach is larger than those in man-made one and natural rocky coast.

Key Words : Gravel beach, marine organisms, diversity index

1. 緒 言

近年、海岸整備に対するニーズの多様化などによって、海岸・港湾施設の建設に際しても生物との共生を考慮したものが求められるようになり、その代表的なものの一つとして人工海浜がある。

この研究の目的は大別して二つある。一つは人工海浜のうちでも、特に最近、造成事例が多くなってきた礫養浜における付着動物相を調べ、そこでの付着動物の多様性や繁殖性を向上させることである。いま一つは、きわめて現実的なことである。すなわち、これまで、著者ら¹⁾が現地調査の対象としてきた淡輪・箱作海岸の人工磯には、そこでの生物の多様性を高めるために、コンクリートケーソン型の人工タイドプールが数多く設置されている。しかし、それらの水深は、1.0~3.2mもあって、環境教育の場のものとしては、必ずしも適しているとはいえない。したがって、著者ら²⁾はこれらのタイドプール中に礫を入れて、水深を小さくすることを提案しているが、その際、どのような特性のものをいれれば、そこでの付着動物相を豊かにできるかを明らかにすることである。

2. 調査内容

現地調査は二種類のものを実施した。一つは実際

の礫浜における付着動物と底質特性に関するものである。その調査対象地は前述の淡輪・箱作海岸における人工磯の一部に造成されている人工礫浜(写真-1)と天然礫浜(写真-2)の二箇所であり、後者は人工磯から南西に約4km離れた長松海岸の天然磯に隣接したものである。

まず、いずれの礫浜においても、汀線に直角方向に一つの測線を設け、その上に5m間隔で測点を設置して、そこでの付着動物の種数と個体数、底質の粒度分布や空隙率を測定した。この調査は96年5月から99年1月までの間に25回実施した。

いま一つの調査は、人工タイドプール中の同じ高さの位置に写真-3に示すような礫を充填したかご(以下、転石かごという。)を設置して、その中における付着動物の種数と個体数を測定した。また、転石かごは、付着動物相に及ぼす礫の粒径や充填方法などの影響が明らかになるように、8種類のものをを用いた。この調査は、後述するように礫の粒径を変化させた転石かごK-1~K-4については、97年9月から99年1月までの間に11回、礫の充填方法を変化させた転石かごK-5~K-8については、98年8月から99年1月までの間に4回それぞれ実施した。なお、いずれの調査においても、天候、気温、湿度、風向および風速の気象観測や水温、塩分濃度、pH、DOおよびCODの水質調査も行った。



写真-1 人工礫浜

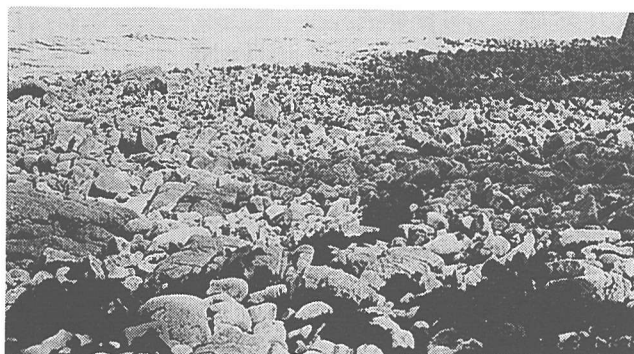


写真-2 天然礫浜

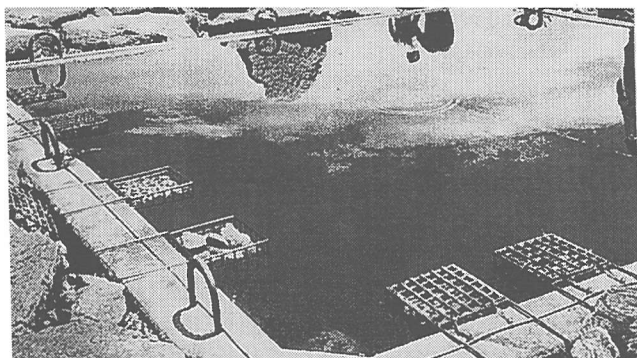


写真-3 転石かごの設置状況

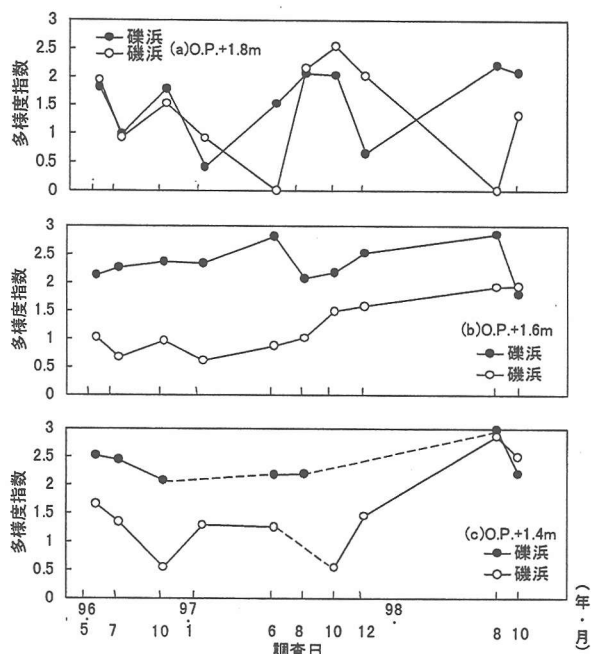


図-1 礫浜と磯浜における多様度指数の経時変化

季の97年6月と98年8月には 0になっているが、礫浜のものは大きい値を保っている。このことから、夏季以外の季節では、礫浜と磯浜の多様度指数はいずれもほぼ同様な傾向を示すが、夏季のように磯表面が乾燥しやすい厳しい環境下では、礫浜における多様度指数が磯浜のものよりも大きい。この理由としては、海浜にある様々な大きさの礫が、夏の強い日差しから動物を守るとともに、そこでの湿潤状態を保つ役割を果たしていることが考えられる。(b) 図に示した O. P. +1.6m 付近では、98年10月の結果を除くと、礫浜の多様度指数は、いずれの調査日においても、磯浜のものよりも大きい。このことは、(c) 図に示した O. P. +1.4m 付近のものについても同様である。

これらのことより、磯浜における礫の存在は、夏季のように磯表面が乾燥して、付着動物の生息に厳しい環境下において特に有効であり、年間を通して付着動物の多様性を高める効果がある。これは、礫浜には粒径が異なる礫が層状に堆積し、磯浜に比べて湿潤状態が保たれやすいためである。

b) 天然礫浜と人工礫浜における付着動物相の比較

図-2および3は、天然磯に隣接した天然礫浜と人工磯の一部に造成された人工礫浜における付着動物相の経時変化を示したものである。ここでは、前述した多様度指数に加え、付着動物の繁殖性や均衡性の量的尺度として、森下の繁殖指数⁴⁾とPielouの均衡性指数⁴⁾を用いた。なお、天然礫浜ではN-1、N-3およびN-5、人工礫浜ではM-1、M-3およびM-5のものを図示した。

図-4は、それぞれの礫浜における断面形状である。

3. 調査結果および考察

(1) 礫浜における付着動物相

a) 礫浜と磯浜における付着動物相の比較

礫浜における付着動物相と地形や底質との関係について考察するまえに、天然礫浜とそれに隣接した天然磯浜における付着動物の多様性を比較してみよう。

図-1は、礫浜と磯浜での付着動物に関する多様度指数の経時変化を示したものであり、図-1 (a)、(b) および (c) はそれぞれ高さが O. P. +1.8m、O. P. +1.6m および O. P. +1.4m 付近のものである。なお、ここでは、付着動物の多様性の量的尺度として、MacArthurの多様度指数³⁾を用いた。

これらによると、(a) 図に示した海面からの高さが最も高いところでの礫浜の多様度指数は秋季に大きく、冬季に小さくなるような季節変化がみられる。一方、磯浜の多様度指数は、夏

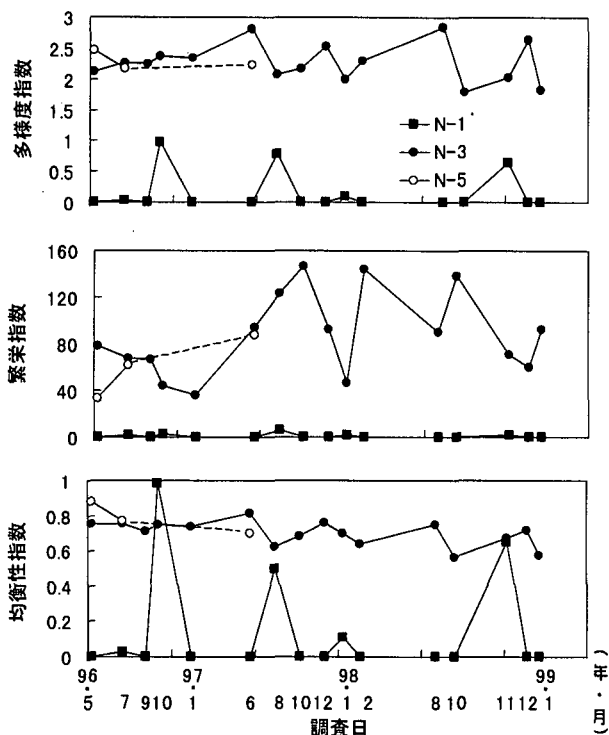


図-2 天然礫浜における生物指標の経時変化

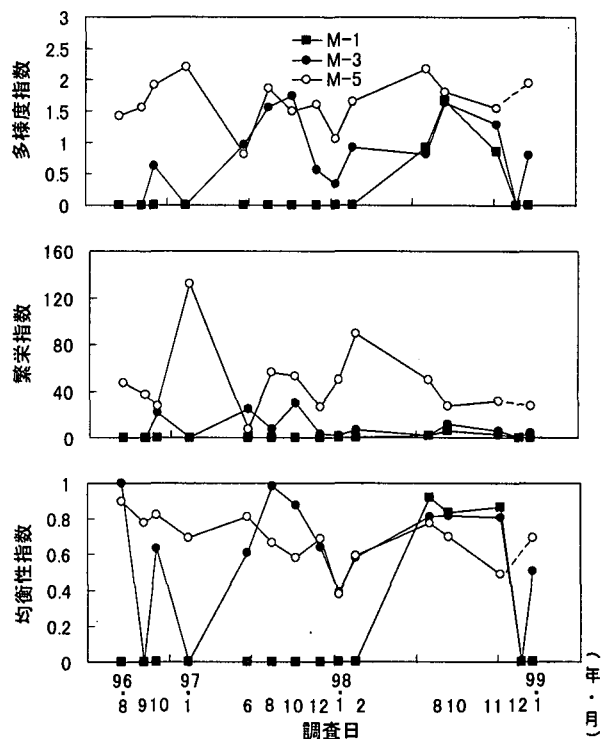


図-3 人工礫浜における生物指標の経時変化

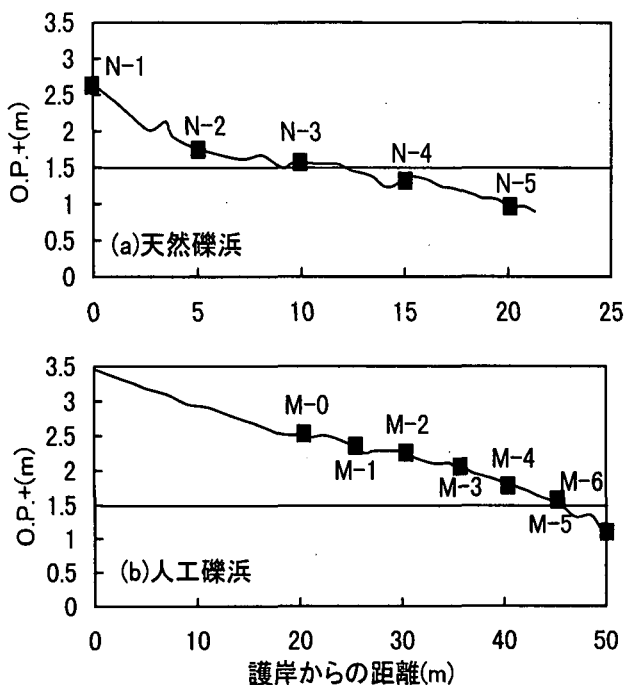


図-4 礫浜における測点の位置と断面形状

これらによると、N-1における多様度指数は、いずれの調査日においても、0から1.0の範囲で小さい。繁栄指数についても、その値はほとんどの調査日で0であり、N-1に生息している動物の個体数は年間を通してかなり少ないといえる。均衡性指数をみると、96年10月の値がほぼ1.0で非常に大きい、繁栄指数は小さい。したがって、この調査日のN-1においては、少数種の動物が同程度に生息していただけに過ぎず、そ

の個体数は非常に少ない。以上のことから、N-1における付着動物相は、かなり貧弱であるといえる。この理由としては、N-1は最も高いところに位置するため、干潮時における海水からの干出時間が長く、乾燥に対して強い耐性を有する付着動物しか生息できない環境であることが考えられる。

N-3の多様度指数は、いずれの調査日においても2.0から3.0の範囲であり、ほとんどの調査日において、他の測点のものよりも大きい。また、これと同様に、均衡性指数も他の測点のような大きなばらつきはみられず、いずれの調査日においても0.6から0.8でほぼ一定値を示している。繁栄指数は、調査日ごとにばらつきがみられるものの、いずれの調査日においても、他の測点のものに比べて大きい。これらのことから、N-3では、生息動物の総個体数は季節によって大きく変動するが、種数は年間を通してあまり変化することなく、豊かな付着動物相を有しているといえよう。

N-5については、潮位の関係で欠測が多く、明確な傾向はみられないが、調査が可能であった日の値をみると、いずれの生物指標についても、比較的大きな値を示している。

つぎに、図-3に示した人工礫浜のM-1については、いずれの生物指標についてもその値は小さく、ほとんどの調査日で0である。98年8月から12月の間では多様度指数と均衡性指数が大きい、繁栄指数は小さな値である。このことから、天然礫浜と同様に、最も高い位置にあるM-1の付着動物相は貧弱であるといえよう。

M-3の多様度指数と均衡性指数は、夏季に大きく、冬季に小さくなるような傾向がみられる。しかし、繁栄指数は、夏季も冬季も小さい。このことから、M-3における付着動物は、夏季には個体数が減少するが、その種数にはあまり大きな変動はない。しかし、冬季には種数と個体数がともに減少して、そこにおける多様性は低くなるものと思われる。

M-5の多様度指数と繁栄指数は、季節によってのばらつきがみられるものの、他の測点のものよりも大きい場合が多い。また、均衡性指数も他の測点のものよりも変動は小さく、いずれの季節においても、ある程度の値が保たれている。このことから、M-5は天然礫浜のN-3と同様に、年間を通して豊かな付着動物相を呈しているといえよう。

以上のことから、いずれの指数についても、年間を通して変動が小さく大きな値を示している測点は、天然礫浜ではN-3、人工礫浜ではM-5である。これらの測点が付着動物の生息に適している要因の一つは、その高さである。すなわち、図-4に示したように、N-3とM-5の高さは、いずれも約 0. P. +1. 6mであって、そこでの干出時間が付着動物の生息にとって適しているものと考えられる。

さらに、礫浜における付着動物相と底質特性との関係について検討してみよう。図-5は、天然礫浜と人工礫浜における底質の粒度分布を示したものである。なお、天然礫浜のN-5では潮位の関係で測定することができず、人工礫浜のM-1は大部分が粒径の小さい砂であるため測定を行わなかった。これによると、測点N-1やM-3では、粒径が32~64mmの礫が大部分を占めている。これに対して、測点N-3やM-5では、数種類の粒径の礫がほぼ均等に存在している。さらに、写真-1と2からもわかるように、天然礫浜における礫の量が人工礫浜のものに比較するとかなり多い。これらのことから、一様な粒径の礫が存在する場所よりも、測点N-3やM-5のような底質特性を有し、礫の量が多いところが付着動物の生息に適しているものと考えられる。しかし、前述したように、測点N-1やM-3は護岸

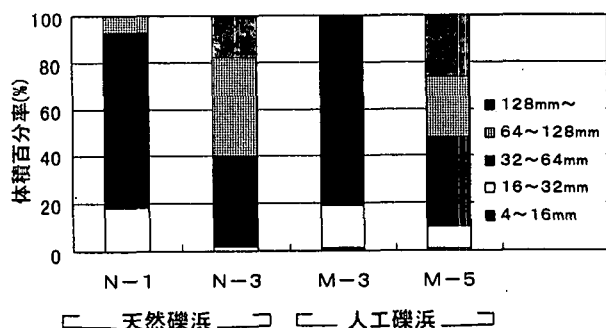


図-5 各測点における底質の粒度分布

に近く、干潮時の海水からの干出時間が長いため、粒径だけの影響を直接比較しているとはいえない。そこで、底質粒径だけの影響を調べるためにも、転石かごにおける付着動物についての調査を行った。

(2) 転石かごにおける付着動物相

図-6は転石かごに充填した礫の特性を示したものである。K-1~K-4の転石かごには、単一粒径の礫を充填しているが、K-5とK-6のものは、粒径の異なる礫を層状に充填した。また、K-7とK-8のものは、粒径の異なる礫を混ぜ合わせて充填したものである。なお、K-1~K-7はすべて砂岩であるが、K-8だけは花崗岩である。

まず、底質粒径だけの影響を調べるために、K-1~K-4の転石かごだけについて考察してみよう。

図-7には、転石かごにおける付着動物の生物指標の経時変化を示した。これによると、K-1の多様度指数は、多くの調査日において、最も小さく、付着動物の多様性は低いことがわかる。このことは、K-1の内部に詰められた礫の粒径が16~32mmで最も小さく、そこに生息できる動物の種が小さなものに限定されるためである。K-2は98年1月や2月のものを除くと、多様度指数は2.0以上であり、付着動物の多様性は高い。K-3も99年1月のものを除くと、多様度指数は比較的大きな値を示している。K-4は年間を通して多様度指数の変動が小さいのが特徴である。また、粒径が最も小さいK-1を除いたものの多様度指数は秋季から冬季にかけて小さくなる。特に、転石かごを設置した当初の97年10月までを除くと、水温が低下する1月と2月は、いずれの転石かごの多様度指数も非常によく似た値を示している。このことは、水温が低下すると、それに耐えられる種しか生息できず、礫の粒径が付着動物相に及ぼす影響は小さくなるためと考えられる。

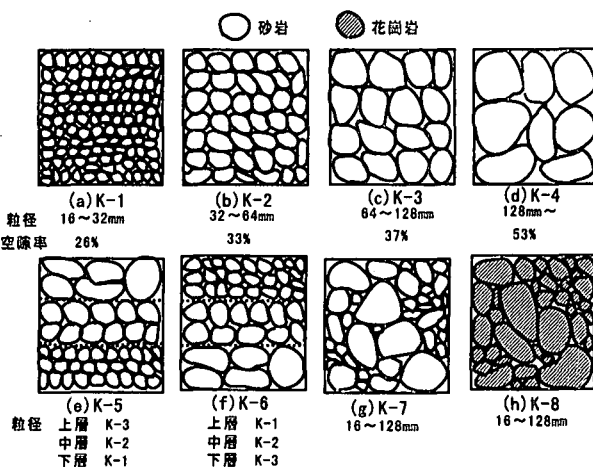


図-6 各転石かごに詰めた礫の粒径および充填方法

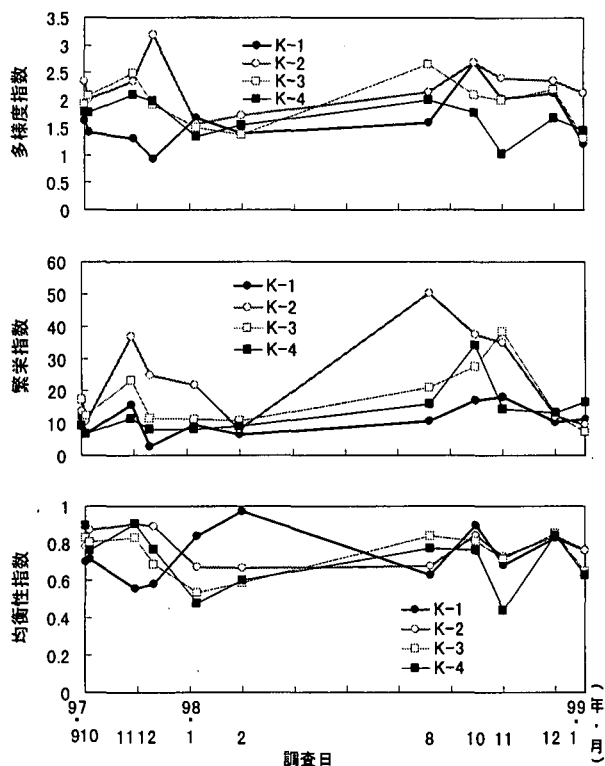


図-7 転石かご (K-1~K-4) における生物指標の経時変化

繁栄指数については、いずれのものも多様度指数と同様に、秋季から冬季にかけてその値が小さくなる傾向がみられる。K-1については、多様度指数と同様に、ほとんどの調査日において最も小さく、K-4についても、10程度であり小さい。また、ほとんどの調査日において、K-2のものが他のものよりも大きく、多様な付着動物が生息できるとともに、そこでの総個体数も多くなっている。

均衡性指数についてみると、K-1のものが、他のかごのものに比べて小さい場合が多く、優占傾向の強いことがわかる。これは、前述したようにK-1の礫の粒径が非常に小さいため、大きな付着動物が生息できず、小さなものが優占的に生息するためである。また、98年1月と2月の値が大きい。しかし、その繁栄指数は小さく、実際には少数の動物が同じ程度に生息していただけに過ぎない。K-2のものは、98年1月以後、やや小さくなっているようであるが、そのほかには、あまり大きな変化はみられない。K-3とK-4のものは、多様度指数とほぼ同様の変動傾向を示し、それらの値にもそれほど差はみられない。また、97年11月から12月の間と水温がさらに低下した98年1月にかけては、K-1を除いて、均衡性指数は小さくなっている。このことから、水温の低下とともに優占傾向が強くなることがよくわかる。

このように転石かごにおいては、その中に充填した礫の粒径によって生物指標は異なった傾

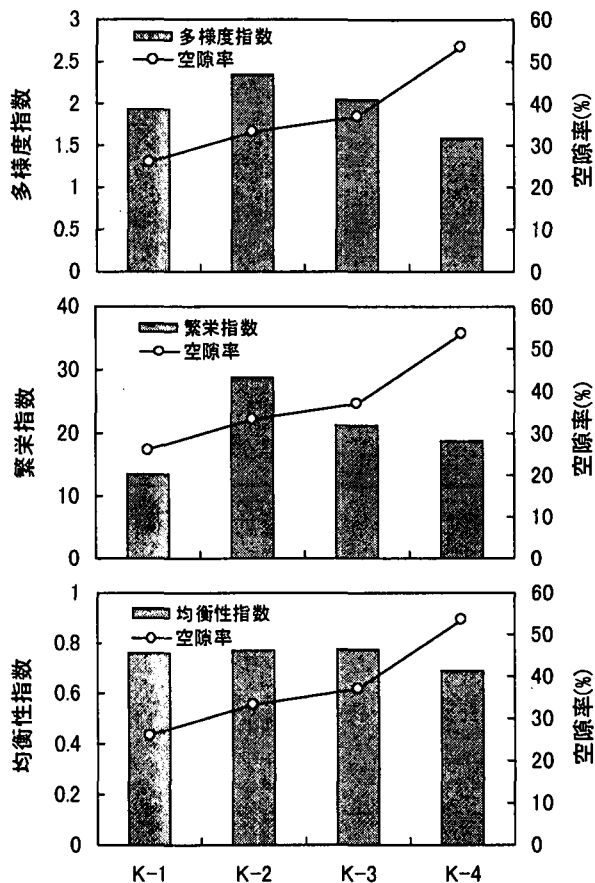


図-8 転石かご内の空隙率と生物指標との関係

向を示し、これには、かごの内部における空隙の違いも影響しているものと考えられる。そこで図-8には、転石かご内の空隙率と生物指標との関係を示した。なお、ここで用いた生物指標の値は、それぞれ全調査日における平均値である。

これによると、多様度指数については、空隙率の最小と最大であるK-1とK-4で小さく、空隙率が約35~40%で多様度指数は最大になるようである。このことは、繁栄指数についても同様である。均衡性指数と空隙率との間には明瞭な関係はみられないが、空隙率が最大であるK-4での値は小さい。

以上のように、礫の粒径や礫間の空隙率の違いによって付着動物相はかなり異なり、付着動物の多様性や繁栄性はK-2で高いが、K-1とK-4では低くなる。すなわち、礫の粒径や礫間の空隙は、それが大き過ぎても小さ過ぎても付着動物の生息には適さず、豊かな付着動物相となるような特性を有した礫の存在が示唆されているといえよう。

つぎに、転石かごにおける付着動物相に及ぼす礫の充填方法の影響を検討してみよう。

図-9は、K-5~K-8における付着動物の生物指標をK-1からK-4のものと合わせて示したものである。

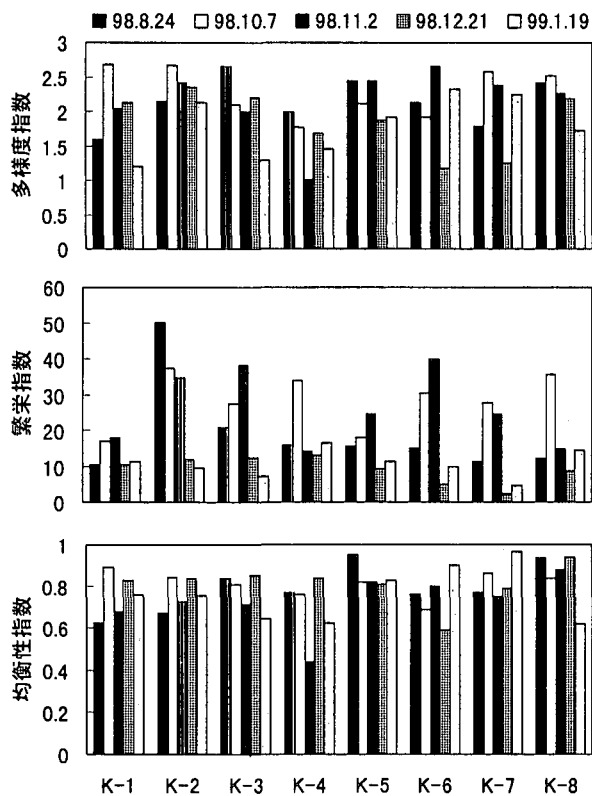


図-9 転石かごにおける生物指標

まず、多様度指数をK-1からK-4のものとK-5からK-7のものとを比較すると、前者のものには、調査日ごとのばらつきがみられるが、後者のものには、それほどの変動はみられない。また、均衡性指数についても、前者のものよりも後者のものの方が若干大きい。これらのことから、K-1からK-4のものよりもK-5からK-7のものの方が、年間を通して多様な動物が生息しているものといえる。すなわち、K-5からK-7には、いずれのものにも様々な粒径の礫が詰められており、その粒径に応じて種々の動物が生息できるため、年間を通して豊かな付着動物相を呈しているものと思われる。K-7とK-8については、ほぼ同様の変動傾向を示し、それらの値に大差もみられないことから、礫については、その岩質が付着動物相に及ぼす影響は小さいものといえる。

繁栄指数をみると、いずれのものも、98年12月や99年1月には小さくなり、水温の低下とともに付着動物の個体数が少なくなることがわかる。しかし、ほとんどのものにおいて、夏季から秋季にかけても、その値は小さくなるのに対して、K-5とK-6のものは、逆に大きくなる。

これらのことから、かごの内部に詰める礫としては、単一粒径のものよりも様々な礫を混合したものの方が、それぞれの礫が持つ特性を一つのかごの中に集約したようになるため、付着動物にとって良好な環境になるものといえよう。

4. 結 語

以上、礫浜と転石かごにおける付着動物相について検討してきたが、それらの結果をまとめるとつぎのようである。

(1) 天然礫浜における付着動物の多様度指数は、それに隣接した天然磯のものに比べて、特に夏季に大きくなる。これは、海浜上に大小様々な粒径の礫が存在し、磯浜に比べて、湿潤状態が保たれやすいためである。

(2) 礫浜における付着動物の多様度指数、繁栄指数および均衡性指数が大きくなり、また、その季節変動も小さい測点の高さは、いずれの礫浜においてもほぼ同じである。このことは、礫浜の付着動物相に及ぼす干出時間の影響が大きいことを示唆している。

(3) 天然礫浜における付着動物の多様度指数や繁栄指数は、いずれの季節についても、人工礫浜のものに比べて大きい。これは、自然礫浜での礫層が人工のものに比べて厚く、礫の量が多いためである。

(4) 礫を中詰めした転石かごにおける付着動物の多様度指数や繁栄指数が最大になるのは、ほとんどの季節で、粒径が32~64mmのものである。しかし、水温が低下すると、礫の粒径によって、前述の生物指標の値はあまり変化しない。

(5) 礫を粒径ごとにわけて層状に詰めた転石かごにおける付着動物の多様度指数は、同一の粒径だけのものを詰めた転石かごのものに比べて、季節変動が小さい。

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リサーチ・アシスタントの柄谷友香さんや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・鉄川 精・島田広昭・柄谷友香：生物との共生をめざしたタイドプールの造成に関する現地調査，海洋開発論文集，Vol. 12，pp. 479~484，1996。
- 2) 井上雅夫・島田広昭・柄谷友香・鉄川 精：生物との共生をめざした人工タイドプールの造成試案，海洋開発論文集，Vol. 13，pp. 753~758，1997。
- 3) 木元新作：動物群集研究法Ⅰ 一多様性と種類組成一，pp. 54~64，共立出版，1976。
- 4) 木元新作・武田博清：群集生態学入門，pp. 123~129，共立出版，1989。

(1999. 4. 19受付)