

# 多様な付着動物相を有する 人工タイドプールの造成手法に関する研究

## CONSTRUCTION TECHNIQUE OF MAN-MADE TIDE POOL WITH THE BEST HABITABLE CONDITIONS FOR MARINE ORGANISMS

柴橋朋希<sup>1</sup>・島田広昭<sup>2</sup>・田中賢治<sup>1</sup>  
吉安勇介<sup>1</sup>・橋中秀典<sup>1</sup>・井上雅夫<sup>3</sup>

Tomoki SHIBAHASHI, Hiroaki SHIMADA, Kenji TANAKA,  
Yusuke YOSHIYASU, Hidenori HASHINAKA and Masao INOUE

<sup>1</sup>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)

<sup>2</sup>正会員 工博 関西大学講師 工学部土木工学科 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3-3-35)

<sup>3</sup>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)

The purpose of this study is to establish the construction technique of man-made tide pool with the best habitable conditions for marine organisms. From this view point, field observations on marine organisms were carried out in eight man-made tide pools at Tannowa-Hakotsukuri man-made rocky coast.

As a result, the number of species of marine organisms increases with decrease of the distance from shoreline to tide pool, and increase of the rate of seawater flow due to wave and current. The diversity index on marine organisms depends on the size of gravel filled in the man-made tide pool.

**Key Words :** Man-made rocky coast, man-made tide pool, marine organisms, diversity index

### 1. 緒言

近年、環境意識の高まりとともに、海岸整備事業においても、沿岸域の多様な生物相を活かした方式のものが取り入れられている。なかでも、人工磯は生態系だけでなく、利用面からも優れたものとして、その造成事例が各地でみられるようになってきたが、その一例に、大阪湾に面した淡輪・箱作海岸のものがある。ここでは、付着動物の多様性を高めるため、天然磯でもよく見られるようなタイドプールの再現が試みられている。しかし、こうした人工タイドプールに関しての研究はあまりなく、そこに設置されているケーソン型の人エタイドプールも生態系を十分考慮したものではないのが現状である。

したがって本研究では、淡輪・箱作海岸にあるケーソン型人工タイドプールの付着動物相を調査することによって、タイドプールをどのような位置に造成すればよいのかを明らかにしようとした。また、現状のケーソン型タイドプールの水深が1.1~3.3mと大きいため、これを安全面から小さくするための方策についても提案しようとした。

### 2. 調査方法

写真-1は、ケーソン型人工タイドプールである。図-1には8基のタイドプールJ1~J8の位置を示したが、それらにおいて、2種類の調査を実施した。なお、表-1にはタイドプールの特性を示したが、これらの高さはいずれも同じで、干潮時には完全な閉鎖性のもことになる。したがって、タイドプール内の海

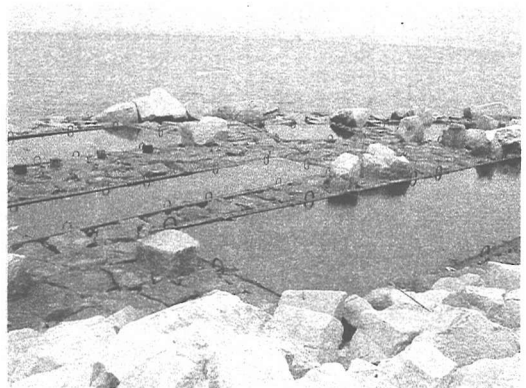


写真-1 淡輪・箱作海岸にある  
ケーソン型タイドプール

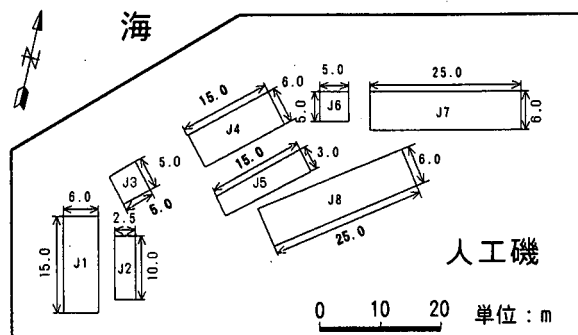


図-1 ケーソン型タイドプールの位置  
表-1 各タイドプールの特徴

| タイドプールの名称                 | J1    | J2     | J3  | J4    | J5   | J6  | J7    | J8    |
|---------------------------|-------|--------|-----|-------|------|-----|-------|-------|
| 水面の大きさ(m)                 | 15×6  | 10×2.5 | 5×5 | 15×6  | 15×3 | 5×5 | 25×6  | 25×6  |
| 深さ(m)                     | 1.3   | 1.3    | 1.1 | 1.3   | 1.3  | 3.3 | 1.3   | 1.3   |
| 側壁と底面の面積(m <sup>2</sup> ) | 144.8 | 57.5   | 47  | 144.8 | 91.8 | 47  | 230.6 | 230.6 |
| 容積(m <sup>3</sup> )       | 117   | 33     | 28  | 117   | 59   | 83  | 195   | 195   |
| 汀線からの距離(m)                | 6.3   | 14.4   | 3.7 | 3.2   | 14.3 | 4.2 | 3.8   | 19.1  |

水流動はほとんどない。まず、調査の一つは、タイドプールの造成位置に関するものであり、この調査では、人工タイドプールの側面ごとに、付着動物種を潜水して目視により確認した。さらに、それと同時に、タイドプールから最短距離にある干潮汀線付近での流速を電磁流速計によって測定した。なお、この調査は、2001年8月6日に実施した。

また、もう一つの調査は、現状のタイドプールの水深を小さくするため、タイドプール内に充填する礫の特性に関するものである。この調査では、タイドプールJ3内の同じ高さの位置に、粒径、充填方法および岩石の種類が異なるものを詰めた30cmの立方体のかご(以下、転石かごという)を合計8個設置し、その中における付着動物の種数および個体数を測定した。なお、図-2には、転石かごに充填した礫の粒径、充填方法および岩石の種類を示した。これらのうち、礫の粒径のみが異なるK1からK4の転石かごについては、1997年9月から2001年12月までの間に合計23回、また礫を層状に詰めたK5とK6および岩石の種類が異なるK7とK8のものについては、1998年8月から2001年12月までの間に合計17回、それぞれ調査を行った。さらに、いずれの調査日においても、気象(天候、気温、湿度、風向、風速)、水質(水温、塩分濃度、pH、DO、COD)の測定も行った。

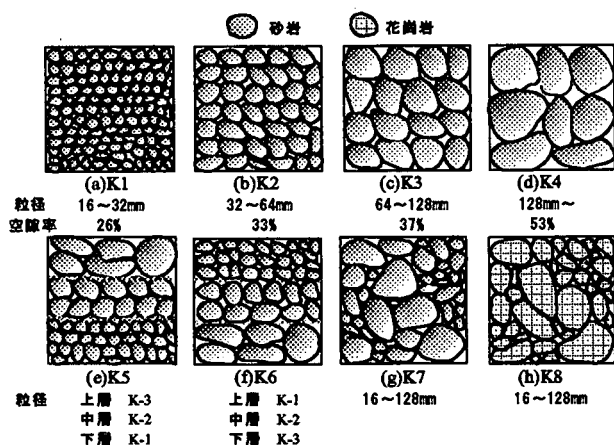


図-2 転石かごに詰めた礫の粒径および充填方法

### 3. タイドプールにおける付着動物相

#### (1) タイドプールにおける付着動物の確認種数

図-3には、タイドプール内における確認種数を動物学的分類の綱ごとに示した。

これによると、付着動物の確認種数は、タイドプールJ7で最も多く、J8で最も少ない。次に、これを綱ごとにみると、確認種数の少ないタイドプールJ2やJ8では、確認種数の多いタイドプールJ4やJ7に比べ、腹足綱に属するものが少ないことがわかる。表-2には、タイドプールの付着動物相を示した。これによると、確認種数の少ないタイドプールJ2やJ8では、腹足綱のなかでも、ヨメガガサガイやアオガイなどの笠貝がほとんど確認されていない。このことは、多くの笠貝が強い波当たりを好むことに起因している。すなわち、干潮汀線から遠い位置にあるタイドプールでは、満潮時でも波当たりが弱いため、これらの種にとって生息しにくい環境になっているものと考えられる。したがって、干潮汀線に近い位置にあるタイドプールでは、遠いものよりも付着動物の確認種数は多くなる。また、この表には、タイドプール内の付着動物と人工磯のものを比較するため、タイドプールでの確認種調査の実施日と最も近い調査日(2001年8月31日)における人工磯での確認

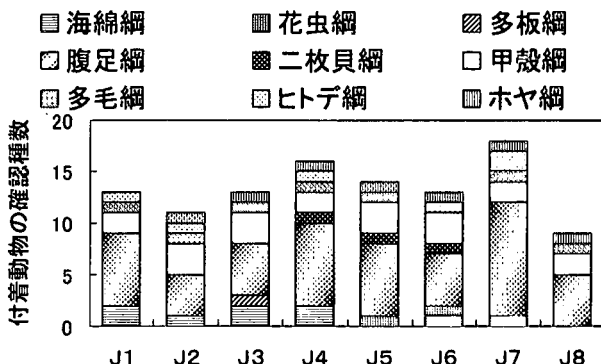


図-3 タイドプールの確認種数

表-2 タイドプールにおける付着動物相

| 分類   | J1   | J2 | J3 | J4 | J5 | J6 | J7 | J8 | 人工磯 |
|------|--|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 海綿綱  | タイダイカイメン<br>クロイカイメン  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●   |
| 花虫綱  | タデシマイノキリキョウ<br>ヨロイノキリキョウ   | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●   |
| 多板綱  | ヒサザガイ  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●   |
| 腹足綱  | マンハゲガイ<br>ヨシガサガイ<br>コガサガイ<br>アサガイ<br>アマノハネガイ<br>カサガイ<br>インダサガイ<br>コシノハガイ<br>クワハガイ<br>フソガイ<br>タマキガイ<br>アサキガイ<br>レイノガイ<br>イボニシ<br>チクガイ<br>ムサガイ | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●   |
| 二枚貝綱 | エガイ<br>マガキ   | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●   |
| 甲殻綱  | イワフジボ<br>クロフジボ<br>シロフジボ<br>ガサ<br>イカニ<br>ホヤドカリ<br>フナムシ  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●   |
| 多毛綱  | ヤッコノサシ<br>コカイ  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●   |
| ヒトデ綱 | イトマキヒトデ<br>クモヒトデ<br>ムラサキヒトデ  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●   |
| ホヤ綱  | ホヤ   | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●   |
| 種数   | 13   | 11 | 13 | 16 | 14 | 13 | 18 | 9  | 27  |

種調査の結果を、表-2の右端に示した。これによると、タイドプール内で確認された付着動物のほとんどは人工磯で確認されたものの中に含まれている。しかし、ヒトデ綱など、タイドプールでしかみられないものも確認されている。したがって、人工磯においてもタイドプールが必要であると言える。

### (2) タイドプールの設置位置と付着動物の確認種数

図-4には、確認種数と干潮汀線からタイドプールまでの最短距離との関係を示した。

これによると、付着動物の確認種数は、干潮汀線からの距離が長くなるほど、減少する傾向がみられる。すなわち、干潮汀線から近い位置にあるタイドプールほど、多様な付着動物相になると言える。

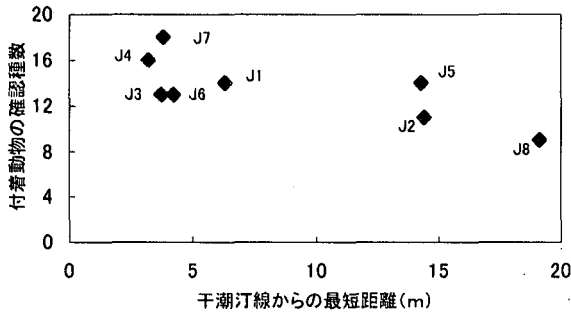


図-4 干潮汀線からタイドプールまでの最短距離と確認種数との関係

### (3) 海水流動とタイドプール内における付着動物の確認種数

タイドプール内における付着動物の確認種数に影響を及ぼす要因としては、海水流動の強弱が考えられる。このため、図-5には、タイドプールから最短距離にある干潮汀線付近での流速とタイドプール内における付着動物の確認種数との関係を示した。なお、この場合の最大流速とは、測定した10分間のデータ(3000個)の最大値であり、平均流速とは、その全データの平均値である。また、ここでは、干潮汀線からの距離による影響を取り除くため、(a)

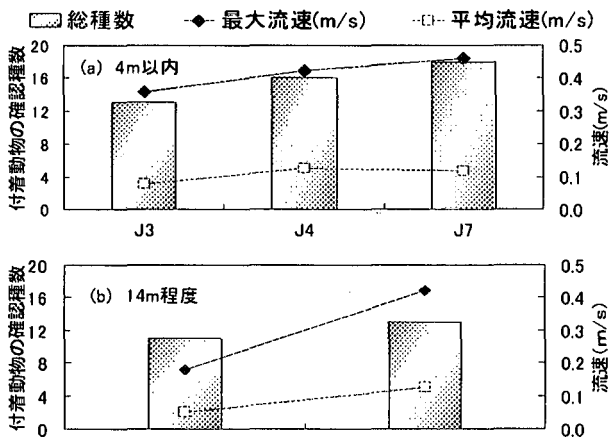


図-5 タイドプールから最短距離にある干潮汀線付近での流速と確認種数との関係

図には、干潮汀線から4m以内にあるタイドプールJ3, J4およびJ7, (b)図には、干潮汀線から14m程度にあるタイドプールJ2およびJ5の2種類に分類して示した。

これらによると、タイドプールの位置にかかわらず、いずれの場合にも、流速が大きいとタイドプール内における付着動物の確認種数も多くなる傾向を示している。したがって、人工タイドプールを造成する場合、干潮汀線に近く、またそこでの海水流動が大きい位置に設置することによって、より多様な付着動物相の形成が期待できるものと考えられる。

### (4) タイドプールの側壁および底面の面積と付着動物の確認種数

図-6には、ケーソン型タイドプールの側面および底面の面積と付着動物の確認種数との関係を示した。なお、タイドプールJ6の場合には、水深が3.3mであるため、調査可能水深の1mまでの側壁の面積を用いた。

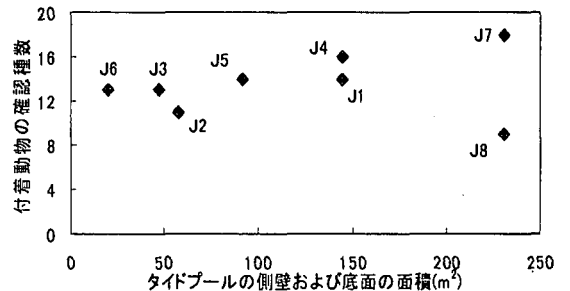


図-6 タイドプールの側壁および底面の面積と確認種数との関係

これによると、タイドプールJ8を除き、その面積が広いタイドプールほど、そこに生息する付着動物の種数も多くなる傾向を示すようである。しかし、タイドプールJ8については、J7と同じ面積であるにもかかわらず、J7に比べて確認種数がかなり少ない。また、全タイドプールのなかで面積が最小のタイドプールJ6のものに比べても少なくなっている。このことから、タイドプールの側面および底面の面積は、そこでの付着動物の確認種数には、あまり影響しないものと考えられる。

### (5) タイドプール内の側壁面ごとの付着動物相

図-7には、タイドプール内の各側壁における付着動物の確認種数を示した。なお、この場合の側壁面の番号は、各タイドプールにおける四側壁面のなかで、最も干潮汀線に近いものを①面とし、それから時計回りに②, ③および④面と定義した。

これによると、タイドプールJ6を除くすべてのタイドプールで、干潮汀線に近い側壁面①での確認種数が最も多い。また、他の側壁面に関しては、ばらつきが多く明瞭な傾向はみられない。表-3には、側壁面①での確認種数が増える要因を明らかにするため、各側壁面における付着動物相を示した。これ

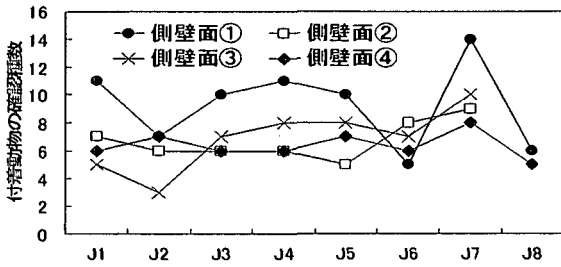


図-7 タイドプールの側壁面ごとの確認種数

表-3 側壁面ごとの付着動物相

|      | 生物名        | 側壁面① | 側壁面② | 側壁面③ | 側壁面④ |
|------|------------|------|------|------|------|
| 海綿綱  | ダイダイイソカイエン | ●    | ●    | ●    | ●    |
|      | カロイツカイメン   | ●    | ●    | ●    | ●    |
| 花虫綱  | ヨロイソキンチャク  | ●    | ●    | ●    | ●    |
| 多板綱  | ヒザラガイ      | ●    | ●    | ●    | ●    |
| 腹足綱  | マツハガイ      | ●    | ●    | ●    | ●    |
|      | ヨメガカサガイ    | ●    | ●    | ●    | ●    |
|      | ヨガモガイ      | ●    | ●    | ●    | ●    |
|      | アオガイ       | ●    | ●    | ●    | ●    |
|      | アマオブネガイ    | ●    | ●    | ●    | ●    |
|      | カラマツガイ     | ●    | ●    | ●    | ●    |
|      | インダタミガイ    | ●    | ●    | ●    | ●    |
|      | コシダカガンガラ   | ●    | ●    | ●    | ●    |
|      | キクノハナガイ    | ●    | ●    | ●    | ●    |
|      | タマキビガイ     | ●    | ●    | ●    | ●    |
|      | レイシガイ      | ●    | ●    | ●    | ●    |
|      | イボニシ       | ●    | ●    | ●    | ●    |
|      | テウサガイ      | ●    | ●    | ●    | ●    |
|      | ムギガイ       | ●    | ●    | ●    | ●    |
|      | 二枚貝綱       | マカキ  | ●    | ●    | ●    |
| 甲殻綱  | シロスシラツツボ   | ●    | ●    | ●    | ●    |
|      | インガニ       | ●    | ●    | ●    | ●    |
|      | ボンヤドカリ     | ●    | ●    | ●    | ●    |
| 多毛綱  | ヤッコカンザシ    | ●    | ●    | ●    | ●    |
| ヒトデ綱 | イトマキヒトデ    | ●    | ●    | ●    | ●    |
|      | ムラサキヒトデ    | ●    | ●    | ●    | ●    |
| ホヤ綱  | クモヒトデ      | ●    | ●    | ●    | ●    |
| ホヤ綱  | ホヤ         | ●    | ●    | ●    | ●    |
| 確認種数 |            | 23   | 18   | 17   | 19   |

によると、側壁面①では、他の側壁面にはみられない多板綱のヒザラガイや腹足綱のキクノハナガイなど、強い波当たりを好むものが生息している。これは、3. (1)でも述べたように、干潮汀線に近い側壁面ほど、満潮時の波当たりが強いためである。

#### 4. タイドプールの礫の特性と付着動物相

##### (1) 転石かごの礫の特性と付着動物の生物指標

図-8および9には、それぞれ粒径の異なる礫を充填した転石かごK1~K4と、充填方法や岩石の種類が異なる転石かごK5~K8の付着動物の生物指標<sup>1),2)</sup>を季節ごとに示した。なお、いずれの図でも、3月中旬から6月下旬までを春季、7月上旬から9月中旬までを夏季、9月下旬から11月下旬までを秋季、12月上旬から3月上旬までを冬季と表現した。

まず、図-8をみると、多様性指数は、32~64mmの礫を詰めたK2のものが、ほとんどの季節で大きく、その変動も小さい。次いで、K2よりも大きい礫を詰めたK3やK4での値が大きい。しかし、礫の粒径が最も小さいK1では、年間を通じて付着動物の多様性が低い。これは、充填する礫の粒径が小さくなると、付着動物の生息空間となる礫間の空隙も小さくなるためと考えられる。すなわち、こうしたところでは小さな付着動物しか生息できなくなり、そこでの多様性は低下するものと考えられる。

繁栄指数は、春季のK2のものを除くと、多様性指数と同様に、K2での値が最も大きい。次いで、K2よ

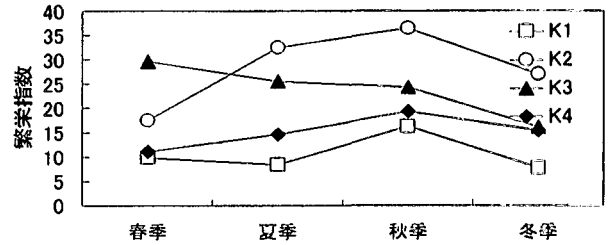
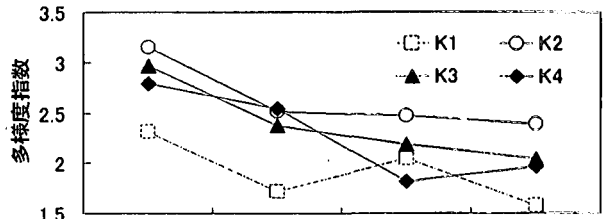


図-8 粒径の異なる転石かご内における付着動物の生物指標

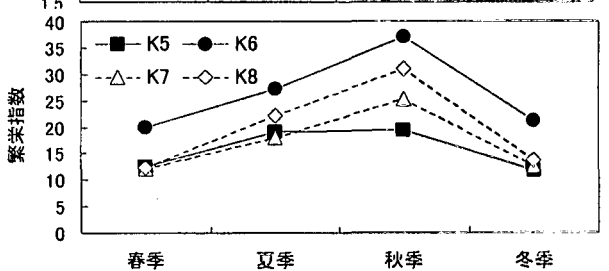
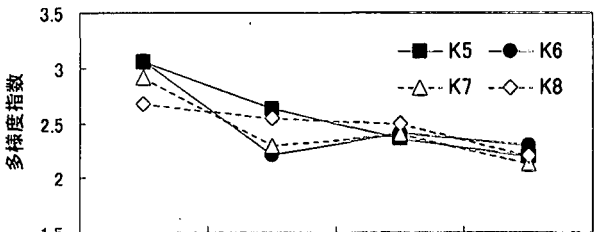


図-9 充填方法および造成素材の異なる転石かご内における付着動物の生物指標

りも粒径が大きい64~128mmのものを詰めたK3での値が大きい。また、16~32mmの礫を詰めたK1では、いずれの季節においても、最小値を示している。これは、前述したように、充填する礫の粒径が小さいと、付着動物の生息空間である礫間の空隙が小さくなり、生息する個体数も限定されるためと考えられる。

次に、図-9をみると、多様性指数は、夏季では、上層から下層にかけて礫の粒径を小さくしたK5での値が大きく、その逆の方法で充填したK6で小さい。しかし、その他の季節においては、充填方法の違いによる明瞭な差はみられない。また、岩石の種類が異なるK7およびK8については、花崗岩の礫を詰めたK8での値のほうが若干大きいようであるが、明確な差はみられない。

繁栄指数については、多様性指数の場合とは逆に、上層から下層にかけて礫の粒径を大きくしたK6での値が、いずれの季節においても大きい。また、岩石の種類が異なるK7およびK8については、多様性指数と同様に、花崗岩の礫を詰めたK8でのもののほうが、若干大きくなっている。

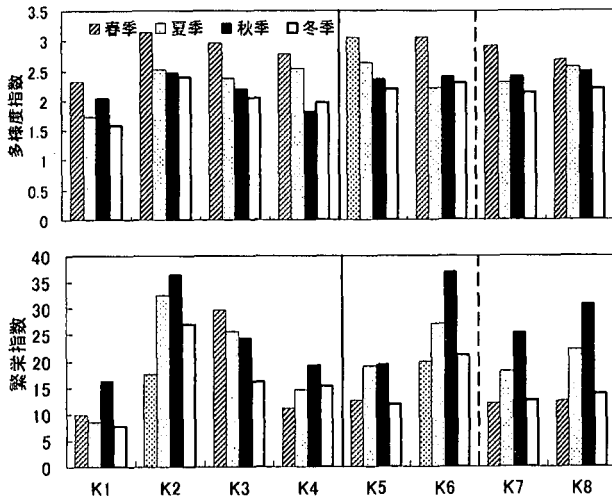


図-10 季節ごとの転石かご内における生物指標

図-10には、すべての転石かごにおける付着動物の生物指標を季節ごとに示した。

これによると、多様度指数は、32~64mmの粒径のものを詰めたK2での値が、ほとんどの季節において大きい。次いで、粒径の異なる礫を層状に詰めたK5やK6での値が大きい。これは、一つの転石かごのなかに、様々な粒径の礫が充填されているため、それぞれの礫の特性に応じた付着動物が生息し、そこでの多様性が高くなるものと考えられる。また、礫の粒径が小さいK1は、すべての転石かごのなかでも、最小値を示しているが、これについても、前述の理由によるものである。

繁栄指数は、多様度指数と同様に、K2での値がほとんどの季節で最大値、K1で最小値を示している。また、いずれの生物指標についても、充填方法や岩石の種類の違いによる差はほとんどみられない。したがって、本調査の結果によると、付着動物の多様性や繁栄性には、礫の粒径の違いによる影響が最も大きいと言えよう。

## (2) 転石かご内の空隙率と付着動物の生物指標

図-11には、粒径の異なる礫を詰めたK1~K4のもの空隙率と付着動物の生物指標との関係を示した。

これによると、多様度指数は、空隙率の最も小さいK1での値が、ほとんどの季節において最も小さい。K2~K4のものについては、それらの空隙率と多様度指数との間に明瞭な関係はみられないが、多様度指数は、K2やK3のように空隙率が30~40%程度で大きくなっている。

繁栄指数は、多様度指数と同様に、K1での値がほとんどの季節において最も小さい。また、K1のものよりも空隙率がやや大きいK2では、付着動物の繁栄指数は大きい、空隙率がそれよりも大きいK3やK4での繁栄指数は小さい。したがって、付着動物の繁栄性は、空隙率が33%よりも大きくても、また小さくても低下するものと考えられる。

これらのことから、タイドプール内における付着動物の生物指標を向上させるためには、30~40%の

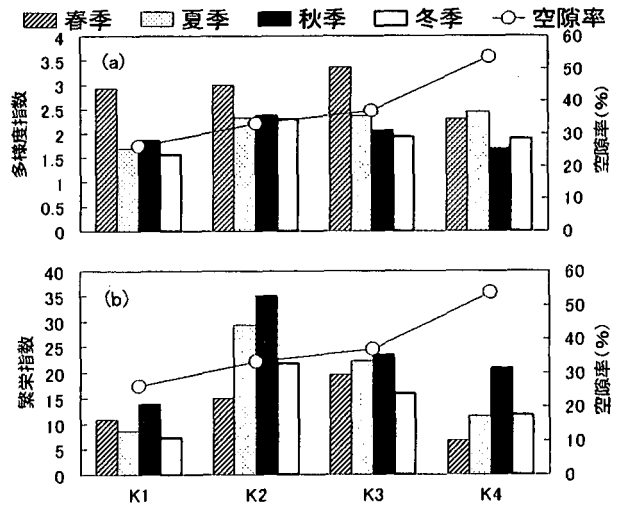


図-11 転石かご内の空隙率と付着動物の生物指標

空隙率を有する礫を充填することが望ましい。

## (3) 転石かごにおける付着動物の生息割合

図-12には、K1~K4における付着動物の生息割合を網ごとに示した。

これによると、K2やK3の転石かごでは、いずれの季節においても、各網の付着動物が、他のものに比べると、均等に生息している。特にK2では、春季にはウニ綱など、他のものでは確認されていない付着動物も生息している。また、K1では、他の転石かごに比べ、甲殻綱に属するものの生息割合が高く、その傾向は夏季に顕著である。さらに、K4では、腹足綱に属するものの生息割合が高く、その傾向は冬季

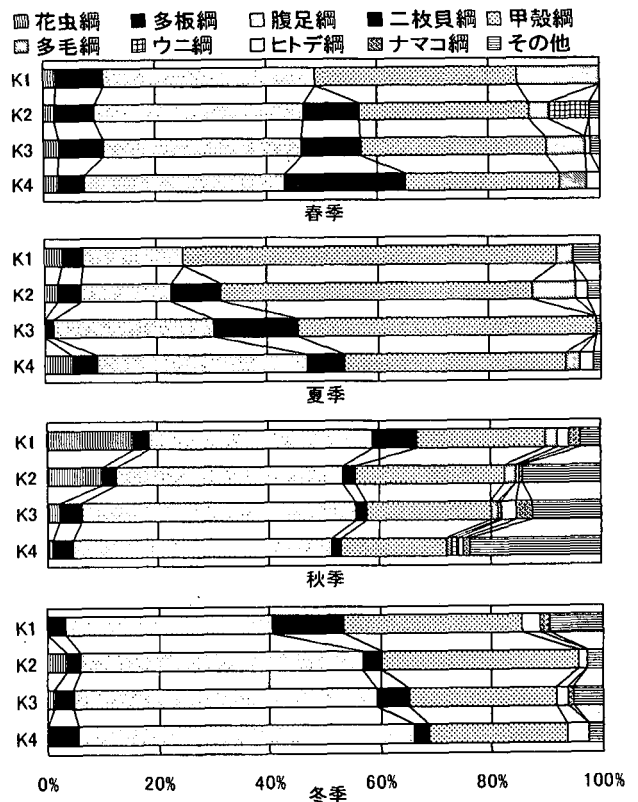


図-12 転石かご内における付着動物の生息割合

に顕著である。

これらのことから、K2では、年間を通じて、多様な付着動物相が形成されていると言えよう。また、充填する礫の粒径がK2のものよりも小さいと甲殻綱に属するもの、大きいと腹足綱に属するものの生息割合が高くなる。

#### (4) 転石かご内の空隙率と付着動物の湿潤質量

図-13には、付着動物の大きさを表すものとして湿潤質量を取りあげ、それと転石かごの空隙率との関係を示した。なお、ここでは付着動物の湿潤質量を計測する対象種として、季節にかかわらず、いずれの転石かごにおいても生息が確認された腹足綱のコシダカガンガラとイボニシおよび甲殻綱のホンヤドカリとイソガニの4種とした。

これによると、コシダカガンガラに関しては、空隙率の大きい転石かごほど、その湿潤質量も大きい。しかし、他の種に関しては、その差はあまりみられないが、4.(1)および(2)で多様性の高いことが確認されたK2のものが、他のかごのものよりも若干ではあるが、その質量も大きいようである。すなわち、空隙率が30~40%の礫を充填したタイドプールでは、多様な付着動物が生息し、しかも、それらはある程度の大きさのものであることから、磯の生物を観察する場として適したものになると言えよう。

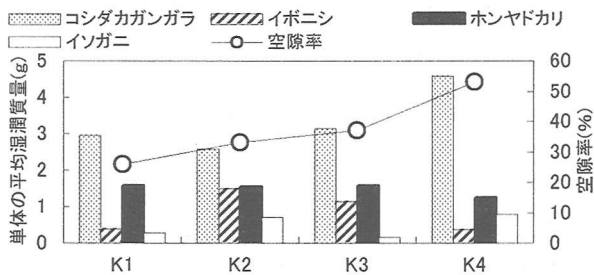


図-13 転石かご内における付着動物の湿潤質量と空隙率との関係

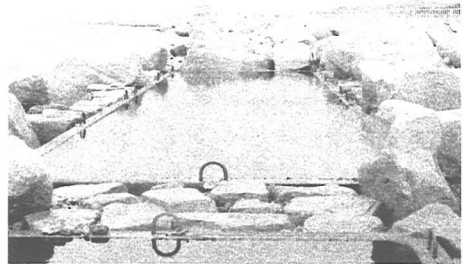
## 5. 結 語

以上、人工タイドプール内の付着動物相を調査し、タイドプールが多様な付着動物相を有するものになるための設置位置と、現状のタイドプールの水深を小さくするために充填する礫の特性に関して考察を行ってきたが、それらを要約すると、以下のようになる。

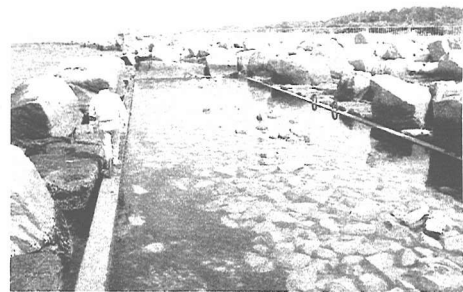
- (1) 干潮汀線に近い位置にあるタイドプールでは、遠いものよりも付着動物の種数は多くなる。これは、干潮汀線に近いところにあるタイドプールでは、強い波当たりを好むコガモガイやアオガイなどの笠貝が付着するためである。
- (2) タイドプールの位置に関係なく、タイドプールから最短距離にある干潮汀線付近での流速が大きいものほど、そこに生息する付着動物の種数は多くなる。

- (3) タイドプール内の側壁面に関しては、干潮汀線に近い側面での付着動物の種数が、他の側面でのものと比較して、多くなる傾向がみられる。これは(1)と同様に、干潮汀線に近い側面ほど、その付近での海水流動が激しく、そこにはこうした環境を好む笠貝が付着するためである。
- (4) タイドプール内に充填する礫の粒径としては、32~64mmのものが望ましい。これは、付着動物の多様性や繁栄性が高いばかりでなく、それらの季節変動も小さい。
- (5) タイドプール内に充填する礫の粒径が32~64mmより小さいと甲殻綱に属するもの、それよりも大きいと腹足綱に属するものの生息割合がそれぞれ高くなり、付着動物の多様性は低下する。

なお、これらの研究成果を考慮して、現在、タイドプールの改良工事が行われている。写真-2には、その模様を示した。今後は、これらの追跡調査を行ってきたい。



(a) 工事前



(b) 工事中

写真-2 改良工事中の人工タイドプール

謝辞：最後に、本研究を行うにあたり、多くのご協力をいただいた関係官庁の各位、ならびに現地調査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。なお、この研究の一部は、関西大学学術フロンティア・センターの研究費によるものである。

#### 参考文献

- 1) 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.
- 2) 木元新作・武田博清：群集生態学入門, pp.123-129, 共立出版, 1989.