

人工磯浜における出現動物の現地観測とその移動特性

仁木将人*・酒井哲郎**・中原絃之***

ミティゲーション技術として人工海浜の造成を考えた場合、現在の施工例から問題点を検証することは造成技術の確立に役立つものと考えられる。そこで造成直後から行われた人工磯浜での動物調査の結果を、出現種、個体数、種類数の推移や多様性などの項目に加え、食性や移動特性の観点から整理した。また同様な方法により、比較対照とする近隣の自然海岸や造成後ある程度時間がたつ人工構造物周辺の付着動物の観測結果を整理した。その結果、人工磯浜のタイドプールでは出現個体数や種類数が少ないこと、また移動特性により分類することで、定住型の固着性動物が成長できず、一時的に移動しその場所を利用する移動性のものが多いことが示された。

1. はじめに

近年、失われた自然を回復しようとする試みとして、人工海浜や人工干潟が造成されるようになった。それにとともに人工構造物周辺や人工干潟、人工海浜の造成以降の出現生物種に関して追跡調査が行われるようになり、こうした空間の生物生息地としての評価が行われるようになった。しかし、特に人工磯浜でのこうした報告は少なく、親水性の観点から海岸動物の繁栄度合いは関心の集まる事項であろう。ところで、人工海浜や人工磯浜は親水施設として設計造成されるため安全性や景観といった要素が重要視され、波当たりの弱い水域となる。また、磯浜の生物の住みかとなるべき微地形が再現されることが少なく、模倣されたとしても細部にまで詳細に再現されず、実際の自然の持つ複雑かつ多様な微地形とは言い難い。このためこうした水域での出現生物は天然と比べ多様性に乏しく貧困になるといった問題も生じている(酒井ら, 2001)。ミティゲーション技術として人工干潟や人工海浜の造成を考えた場合、現在の施工例からその問題点を検証することは造成技術の確立に役立つものと考えられる。そこで本研究では、造成直後から継続的行われた人工磯浜での動物調査の結果を、出現種や個体数、種類数の推移や多様性などの項目に加え、食性や移動特性といった観点から整理した。また、同様な方法により、比較対照とする近隣の自然海岸や造成後長時間たつ人工構造物周辺の付着動物の観測結果を整理し、さらに考察を深めた。

2. 観測の概要

観測は明石市大蔵海岸に新規造成された人工磯浜で行った。造成直後から現在まで4年間、供用開始直後の1998年2月(冬季)からはじめ、5月(春季)、8月(夏

季)、11月(秋季)の3ヶ月毎に、年4回行われた。人工磯浜は、静穏域であるタイドプールと外海に近い遊水部からなる(図-1参照)。タイドプールの底質は直径2cmの礫からなり、その上に直径数m程度の転石が配されている。海岸動物に関する調査はタイドプールでは2地点で、遊水部では1側線で行った。タイドプールでは目視観測として、東西2カ所に置かれた転石の表面(DL-1.00m~DL+1.00mの間の4ヶ所)および底面のそれぞれ5カ所、計10カ所で50×50の方形枠を用いて被度と一部の動物に関して個体数の測定を行った。またタイドプールでは坪刈りによる分析観測として、同じ転石の表面各2ヶ所で坪刈り採取を行い、転石前面の底面に関しても礫の表面や間隙に住むものを合わせて採取して持ち帰り、種類数、個体数、湿重量の分析を行った。ただし、転石表面と底面で使用した方形枠の大きさに若干の差がある。遊水部では目視観測のみを測線に沿って法面上の2ヶ所と(DL-0.65mと約-2.00mの地点)根固めブ

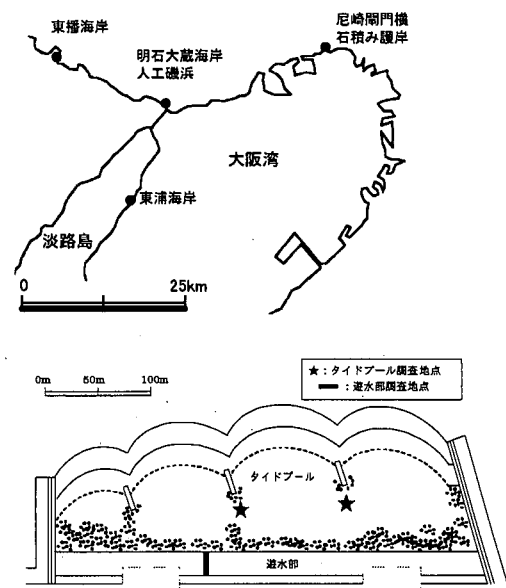


図-1 観測地点と明石市大蔵海岸概要

* 学生会員 工修 京都大学大学院工学研究科博士後期課程土木工学専攻
** フェロー 工博 京都大学教授 大学院工学研究科土木工学専攻
*** 理博 京都大学教授 大学院農学研究科応用生物科学専攻

ロック上 (DL-2.20 m) の3ヶ所, 合計5ヶ所で行った。

3. 観測結果とその考察

3.1 出現種および個体数, 種類数, 被覆度の推移

人工磯浜での目視観測は Braun-Branquet の被度区分により5段階でまとめられている。被度区分の定義から被覆の割合を求め被覆度とした。図-2にタイドプールおよび遊水部で観測された平均個体数, 平均種類数, 平均被覆度を示す。ただし補完調査として行われた1998年春季, 秋季, 1999年春季の観測では, タイドプールでは被度が, また遊水部では観測そのものが行われていない。

タイドプールの個体数についてみると, 造成直後に行われた1998年冬季の観測では1個体も確認されていないが, 3ヶ月後に行われた1998年春季の観測では, 観測を通して最高の一観測枠あたり123個体が観測された。そのときの平均種類数は4.5種類で, これも観測期間で最高である。中でも特に多く観測されたのは, タイドプールの東西を問わずタテジマフジツボとカラマツガイである。その後次第に減少し, 1999年の夏季観測以降は平均すると一観測枠あたり0~3個体程度しか出現していない。遊水部の個体数について見ると, 遊水部では2度目の観測であった1998年夏季の観測で一観測枠あたり423個体の出現が見られた。しかしそれ以降は一観測枠あたり2~9個体程度しか出現していない。タイドプールと遊水部を比較すると, 平均個体数に関しては遊水部が3倍程度大きく, 平均種類数に関しても遊水部で数種類多い。

カンザシゴカイ科などは目視観測での個体数の確認が困難なために個体数の計測が行われていない。そこで同時に計測されている被度についてみることにする。平均被覆度に関してみると, タイドプールで0~4%, 遊水部で5~35%程度である。個体数の推移だけみると次第に減少しているようであるが, 同時に行われている被度観測の結果をみると観測を通しての大きな変化はみられないようである。

観測を通しての出現種は, タイドプールでは観測初期にはフジツボ類が多く見られ, 多いときには一観測枠あたり300個体以上見られることもあった。しかし次第に減少し, 1999年以降見られなくなり, 主要な出現種をカンザシゴカイ科やウズマキゴカイ科のものと占められるようになっていく。その他イボニシやコシダカガンガラ, タマキビガイといったものが数個体ずつ見られる。このように主要な出現種がフジツボ類から個体数として現れないカンザシゴカイ科へ遷移したため個体数が次第に減少したものと考えられる。遊水部では観測初期にイワフジツボが法面上部に一観測枠あたり900個体現れることがあったものの, 観測を通してフジツボ類, コシダカガ

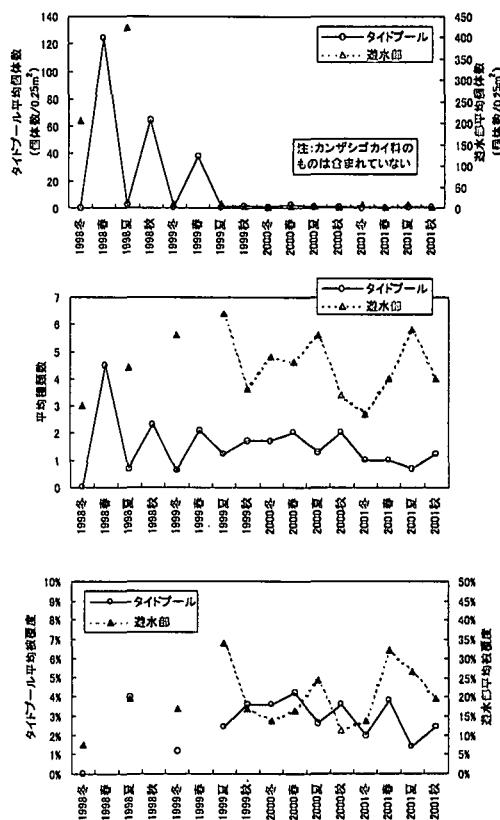


図-2 個体数, 種類数, 被覆度の推移

ンガラやムギガイ, イボニシそしてカンザシゴカイ科やウズマキゴカイ科のものが多く見られる。

坪刈りによる分析観測から得られた湿重量に関しては, タイドプールのみで行われているため図は省略するが, 0.5~20 g/m²で推移している。

目視観測結果から MacArthur の多様性指数についても求めた。その結果タイドプールでは0.6~2.0, 平均1.3であり, 遊水部では0.4~2.5, 平均1.6と全体として遊水部で高い値を示した。

3.2 目視観測結果の食性による分類

タイドプールと遊水部の両地点で観測が行われている目視観測結果を使って両地点で出現する海岸動物について考察する。一般的には綱や目といった分類学上の分類により整理されるが, ここでは人工磯浜の持つ環境特性の把握を行うため, 動物が食物摂取に際して取る習性, すなわち食性により分類を行うこととした。

図-3に2000年のタイドプールおよび遊水部における目視観測結果の食性による分類を示す。図は食性ごとの平均被覆度を取り, その和を取って100%とした。遊水部ではそのほとんどが懸濁物食者で固着性のカンザシゴカイ科やフジツボ類が占めている。タイドプールでも遊水部と同様に固着性の懸濁物食者が多くを占めるが, 遊

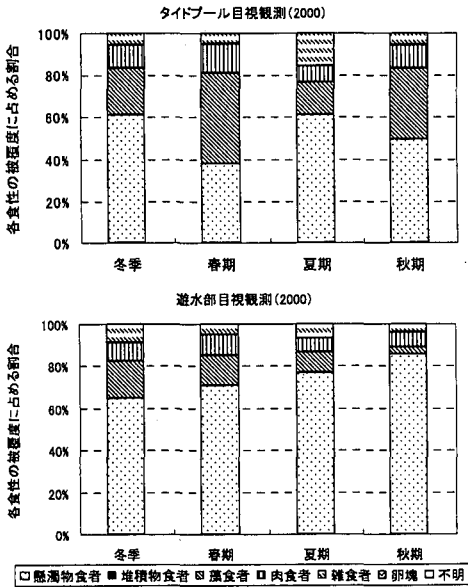


図-3 目視観測結果の食性による分類

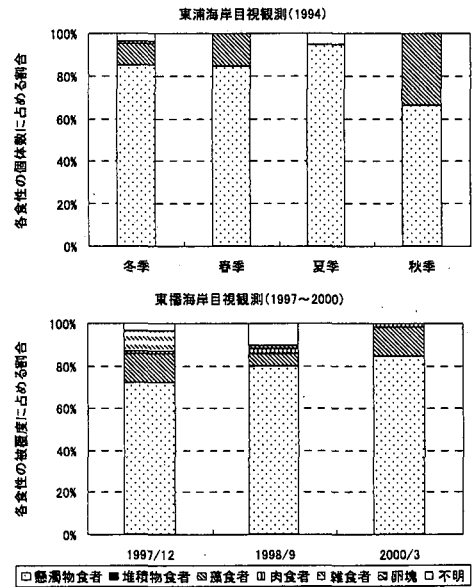


図-4 淡路島東浦海岸および東播海岸での目視観測結果の食性による分類

水部ほどにはその割合が大きくなり、カンザシゴカイ科のものがほとんどであり藻食者も多く見られる。

比較を行うために、大阪湾近辺の自然海岸である淡路島東浦海岸（日本港湾コンサルタント(株), 1995）と、人工構造物周辺での観測を行っている東播海岸（(株)国際航業, 1998, 1999, 2000）における目視観測に関して同様の整理を行う（各地点の位置関係に関しては図-1参照）。

淡路島東浦海岸は観測当時（1994年）には自然海岸で、海底を構成する底質は転石や岩盤である。一方東播海岸での保全施設付着物調査は、松江地区、八木地区、西島地区の3地点で観測を行っている。ここではその中から突堤周辺で行われた松江地区での1997年～2000年の観測結果を示す。突堤の調査ではその先端部において天端から海底面基部までを観測している。そのため底質を構成するのは突堤の捨石が主である。両地点とも季節によって測点数が異なるが、大蔵海岸との比較の整合性高めるため、人工磯浜での観測水深と同程度の水深の測点の結果を使用することとした。また、測点数にばらつきがあるため観測枠当たりの平均値を求めた。

淡路島東浦海岸では個体数により、東播海岸は被覆度により表されている。淡路島東浦海岸での平均個体数の季節的な変化は、 0.25 m^2 あたり数十個体～数百個体で推移している。また東播海岸での平均被覆度の変化は12%～50%程度であり、3.1の人工磯浜での結果と比較すると、淡路島東浦海岸での個体数はタイドプールよりも非常に多く、遊水部の観測初期と同程度である。東播海岸の被覆度は、タイドプールの10倍程度、遊水部と比べて

も若干大きいようである。

図-4に淡路島東浦海岸と東播海岸での観測結果の食性による分類を示す。これも図-3と同様に食性ごとの平均をとり、その和を取って100%としている。両海岸とも懸濁物食者がもっとも多く見られ、ついで藻食者である。懸濁物食者としては、淡路島東浦海岸ではイワフジツボが多く見られ、その他カンザシゴカイ科などであり、東播海岸では海綿動物が多いほかフジツボ類が見られた。大蔵海岸のタイドプールおよび遊水部と、淡路島東浦海岸および東播海岸を比較すると、共通して懸濁物食者が占める割合が大きい。ただし遊水部や淡路島東浦海岸、東播海岸ではほとんどの時期で60%以上占めるのに対し、タイドプールでは60%を越えることは少ない。

以上より、人工磯浜の遊水部では生物の個体数や被覆の程度および出現した種の食性に関して他の2地点と際違った差は見られなかった。それに対してタイドプールでは個体数、被覆の程度とも他の2地点に比べ小さい。また出現する種の食性に関しても、懸濁物食者の占める割合が他の2地点よりも小さく、藻食者や肉食者、雑食者が見られた。ただし目視観測から判断するには、観測が統一的に行われていない（例えば被度であったり、個体数であったり）。また、生物が層状に重なっている場合などに下層に隠れた生物が観測されにくいなどの問題がある。そのため次節ではタイドプールのみに関して坪刈りによる分析観測結果と他地点での坪刈りによる分析観測結果の比較を行う。

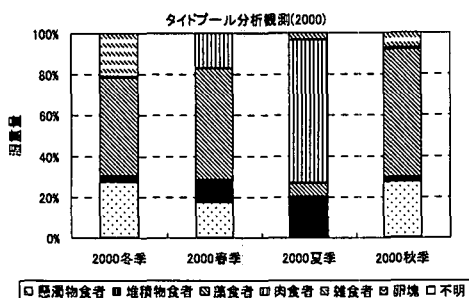


図-5 タイドプール坪刈りによる分析観測結果の食性による分類

3.3 坪刈りによる分析観測結果の食性による分類

図-5にタイドプールでの坪刈りによる分析観測結果を食性により分類したものを示す。図は食性ごとの平均湿重量を求め、その和を取って100%とした。図を見ると藻食者、肉食者、懸濁物食者、雑食者が多く見られる。湿重量にすると肉食者のイボニシや藻食者のカラマツガイの占める割合が大きくなり、目視観測で大きな割合を占めた懸濁物食者のカンザシゴカイ科の割合は小さかった。転石前面の底面に関しても含めているので懸濁物食者のアサリなども見られた。

目視観測と同様に考察するため淡路島東浦海岸および東播海岸での坪刈りによる分析観測結果と比較する。目視観測結果の分類で行ったように、比較対照の整合性を高めるため人工磯浜での観測水深と同程度の測点の結果のみを使用した。ただし、目視観測と観測枠の大きさも異なり、地点も完全に同一地点ではないようである。

淡路島東浦海岸と東播海岸の湿重量はそれぞれ40～195 g/m², 288～415 g/m²であり、個体数や被覆度同様タイドプールでの値の10～20倍程度の値を取っている。

図-6に淡路島東浦海岸と東播海岸の坪刈りによる分析観測結果を図-5と同様の方法により食性により分類したものを示す。その内訳としては、淡路島東浦海岸で肉食者のヒトデ、藻食者のハナチグサガイやコガモガイ、懸濁物食者の尋常海綿綱やコケムシ科と一通り見られ、目視観測ほど懸濁物食者の占める割合は大きくない。東播海岸では目視観測同様懸濁物食者の海綿動物が多いがその割合は目視観測に比べると小さく、藻食者のコシダカガンガラ、肉食者のヒトデなども見られる。

以上からタイドプールではその絶対量が他の2地点の10分の1程度と小さく、0.5 mg/m²しか出現しない時期があるなど非常に貧困であることが分かる。一方、出現する種の食性に関しては各地点ごとに有意な相関を示しているのか判断し兼ねた。

3.4 坪刈りによる分析観測結果の運動性による分類

ここまでは食性により分類を行ってきた。遊水部に関

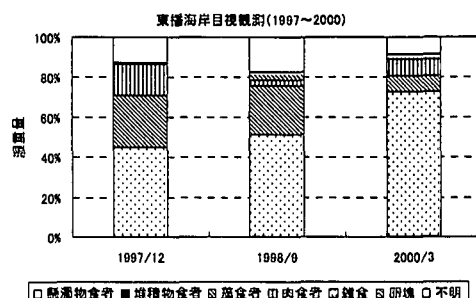
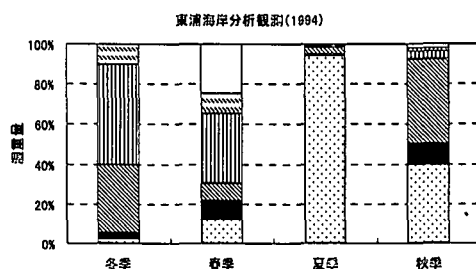


図-6 淡路島東浦海岸および東播海岸での坪刈りによる分析観測結果の食性による分類

しては、他の地点と同じような傾向を示している事が分かった。しかしタイドプールに関しては、目視観測結果および坪刈りによる分析観測結果のいずれにおいても明確な傾向が現れなかった。そこで、タイドプールに関して海岸動物の食性に加えて運動特性の面から再分類を進めることとする。海岸動物の運動性を、固着性、潜伏性、移動性に分けさらに移動性については藻食性、肉食性、雑食性とそれ以外に細分した。

図-7にその結果を示す。図は移動性ごとの平均湿重量を求め、その和を取って100%とした。図からは移動性雑食、移動性藻食、移動性肉食および潜伏性のものは見られるが、固着性に関してはほとんど見られない。

ここでも食性による分類と同じように、淡路島東浦海岸と東播海岸の坪刈りによる分析観測結果に関して、巡

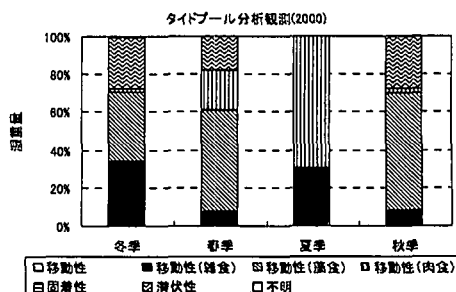
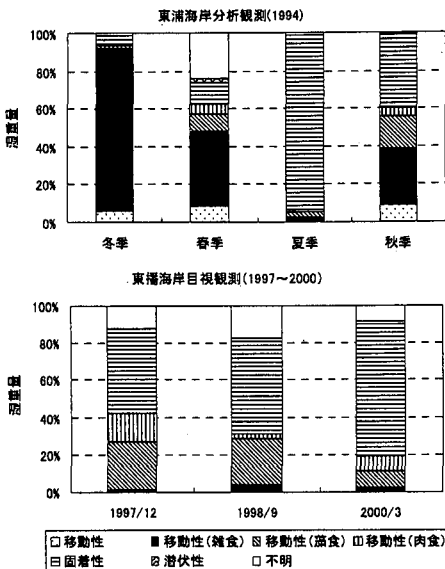


図-7 タイドプールの坪刈りによる分析観測結果の運動性による分類



図一八 淡路島東浦海岸および東播海岸での坪刈りによる分析観測結果の運動性による分類

動性により分類して大蔵海岸タイドプールとの比較を行う。

図一八にその結果を示す。淡路島東浦海岸および東播海岸では、固着性、移動性雑食、移動性肉食、移動性藻食などが多く見られるが、淡路島東浦海岸に比べると東播海岸での固着性の割合が大きいうである。

両地点と人工磯浜タイドプールを比較すると、タイドプールでは、固着性のものがほとんど見られない。タイドプール底面は基質が礫のため付着基盤に乏しいが、転石は十分な付着基盤を有している。しかし、タイドプール内は静穏で波あたりによる飛沫などが起こらないため、転石表面の乾燥による stress が大きいと考えられる。そのためそうした stress の変化に対応できない定住型の固着性の海岸動物が、転石表面に付着基盤があっても成長できず、その代わり移動性の各種が大きな割合を占めている。また、移動性の肉食種が割合的に多く観測されているが、こうした肉食種が固着性のフジツボ類の幼生が侵入してきても成長する前に食べてしまうこともある。こうした要因が大蔵海岸での固着性種の出現を抑制していると推測される。なお大蔵海岸タイドプールでは、他地点に見られない潜伏性のものが見られたが、底面の礫表面と礫間隙の生物に関しても採取したためだと考えられる。

以上より、付着基盤が十分あるにもかかわらず他の地点と比べ出現量が小さくなったのは乾燥の stress の影響であることが理解できる。また、食性だけでは判断できなかったが、運動性も考慮することで、固着性のものの多い懸濁物食者の占める割合が小さく、一時的に移動

しその場所を利用する藻食者や肉食者の割合が大きかったことが分かる。

4. ま と め

以上より得られた主要な結論を以下に示す。

- (1) 人工磯浜タイドプールは遊水部や淡路島東浦海岸および東播海岸に比べ個体数や被覆度が貧困であった。タイドプールに関しては湿重量の観測も行ったが非常に小さな値であった。
- (2) 出現した海岸動物の特徴を考察するため、食性や移動性から分類を行ったが、食性からは際だった傾向を見ることは出来ず、大蔵海岸人工磯浜では移動性による分類が有効であった。
- (3) 人工磯浜のタイドプール以外の水域、すなわち遊水部や東播海岸および淡路島東浦海岸では様々な種が観られ、なかでも固着性種の占める割合が大きい。
- (4) それに対して人工磯浜タイドプールでは固着性のものがほとんど見られず、移動性のもので占められていた。
- (5) タイドプールでは基質が礫のため干潮時には干出しでしまい、またタイドプール内は静穏で波あたりによる飛沫などが起こらないため、乾燥による stress が大きいと考えられる。そのため、そうした stress の変化に対応できない定住型の固着性の海岸動物は付着基盤があっても成長できず、その場所を永続的に利用していない移動性の各種が大きな割合を占めているものと考えられる。また、移動性の肉食種は固着性のフジツボ類などを食べるため、幼生が侵入してきても成長する前に食べてしまうこともある。こうした要因が大蔵海岸での固着性種の出現を抑制しているものであると推測される。

なお、本研究にあたって明石市(大蔵海岸)、日本港湾コンサルタント(淡路島東浦海岸)および国土交通省姫路工事事務所と国際航業(東播海岸)にはデータの使用を認めていただいた。さらにこの調査の一部は住友財団(助成番号 993166)および河川整備基金(助成番号 12-1-③-27 および 13-1-④-18)の助成により行われたことを記して感謝する。

参 考 文 献

- ㈱国際航業 (1998, 1999, 2000): 平成 9, 10, 11 年度東播海岸環境業務調査報告書。
 酒井哲郎・佐橋 将・仁木将人 (2001): 生活史から見た人工磯の出現植物種, 海岸工学論文集, 第 48 巻, pp. 1176-1180。
 日本港湾コンサルタント㈱ (1995): 平成 6 年度淡路島国際公園都市構想に伴う港湾・海岸整備計画検討調査報告書。