

# 岩肌をもつ人工タイドプールの生物相の変化

綿貫 啓\* ・ 廣瀬 紀一\*\* ・ 半沢 稔\*\*\*  
坂本 通昭\*\*\*\* ・ 丸井 隆一\*\*\*\*\*

近年, 人工磯の施工が増えているが, 捨石のみでは潮だまりが形成できないので, 干出に弱い生物が分布できず生物相が貧弱である。著者らは, 天然岩の微細地形を模したユニットで貯水機能を持たせる工法を開発し, 設計手法確立のため, 当工法の実施に当たり, 事前調査, 設計, 施工, モニタリング調査を行っている。施工後 26ヶ月後の生物調査の結果では, タイドプール内に多種の付着動物や魚類が生息しているが, 海藻類は遷移の途中相であった。貯水性のため生物の鉛直分布の上限が地盤の高い方へ移動した。タイドプールの外縁部の亀裂には干出時にマツバガイ等が定着した。高さの低いタイドプールではガラモ場が形成され, 酸素供給源になっている。

## 1. はじめに

沿岸域の開発に当たって, 親水性の確保や自然環境との調和が重要となってきた。親水公園等の整備では, 人工磯の施工が増え, 景観性は重視してはいるが, 捨石を並べた形式の施設が多く, 天然岩礁に見られるような潮だまり (タイドプール) のもつ貯水機能が欠けている。そのため, 人工磯に出現する生物は, 干出に強い種のみが分布し, 生物相が貧弱であることが多い。天然岩礁と人工磯の生物分布の比較をした調査でも, タイドプールが生物の多様性に有効である指摘がなされている (井上ら, 1995, 1996)。

そこで, 人工磯の生物相を豊かにする手段として, 貯水機能を有し, 表面に岩肌をもつタイドプール用ユニットの開発を行った (綿貫ら, 1999)。これらは, 天然岩から表面形状を転写し, 亀裂や窪み等の微細地形を再現したものである。佐賀県小友漁港において, このユニットを用いた人工磯が平成 11 年 1 月に施工された。タイドプールを含む人工磯の設計手法は試行段階にあるので, 設計手法の確立のため, 事前調査から計画, 施工, モニタリング調査を実施している。事前調査から施工後 14ヶ月までの結果は, 綿貫ら (2000) により報告したが, 本報では, その後の 26ヶ月までの結果を中心に報告する。

## 2. 調査場所と施設の概要

施工箇所は, 佐賀県呼子町小友漁港の防波堤内側で比較的静穏な場所である (図-1)。当漁港は玄界灘に面し, 対馬暖流の影響下にあり, イカ釣り, 小型定置網, 磯漁業が中心の第 2 種漁港である。漁港内の水質は, 比較的良好で透明度も良く, 港内側の護岸や防波堤の側面には, 多種類の海藻類や付着動物が分布している。

当漁港は平成元年度に「小友漁港サイエンスパーク整

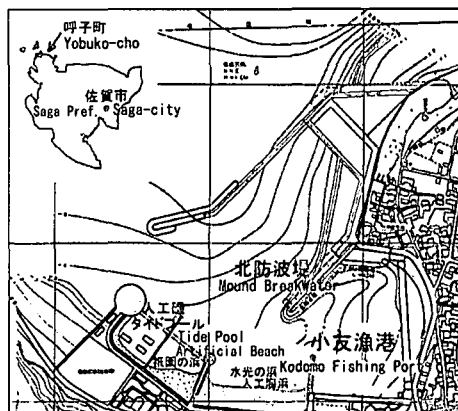


図-1 調査場所

備構想」が策定され, 玄海, 名護屋湾域における増養殖漁業振興を支援する拠点に位置づけられた。さらに, 平成 5 年度には「ふれあい漁港漁村整備計画」によって, 栽培漁業を体験し, 海洋生物を学習できる場として, 人工海浜や人工磯場を整備することとなった (丸井, 1999)。

小友漁港の潮位は, H.W.L.が+2.70 m, L.W.L.が+0.50 m と日本海としては潮位差が大きい。事前調査の結果を受けて, タイドプールの水面の高さを生物が多く分布する M.W.L.から L.W.L.間に設定し, 3つのタイドプールを設置した。使用したタイドプール用ユニット (商品名: ロックプール) は天然磯から模写した表面形状を有し, 1 辺が 2 m で 5 種類 (重量 3~5 t) からなり, ユニットの組み合わせることで, 種々の形状のタイドプールが形成できる (図-2)。ブロック化により潮待ち作業の短期間での施工が可能であり, 設置後にユニット相互を連結し, 目地処理を施すことで貯水状態を確保する。

なお, タイドプールへのアクセスとして, 透水性があ



図-2 タイドプール用ユニット

\* 工修 (株)テトラ テトラ総合技術研究所部長  
\*\* (株)テトラ テトラ総合技術研究所主任研究員  
\*\*\* 正会員 工修 (株)テトラ テトラ総合技術研究所部長  
\*\*\*\* 佐賀県呼子町前水産課課長  
\*\*\*\*\* 佐賀県呼子町水産課係長

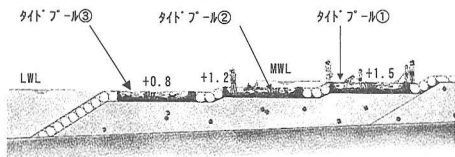


図-3 人工磯の断面模式図



写真-1 人工磯全景

り、潮汐の干満を阻害しない遊歩道が設置されている(写真-1)。

### 3. 調査方法

調査は、施工2ヶ月後の平成11年3月から26ヶ月後の平成13年3月までの春、秋の計5回の調査を実施した。

タイドプールの設置高さの高い方から順にタイドプール①、②、③とし(図-3)、調査測線として、タイドプール①を含む測線1、タイドプール②と③を含む測線2を設定した(図-4)。各測線に沿って、生物分布の変化点ごとに調査区間を設定し、幅50cmの範囲内に分布している海藻と動物の被度(%)あるいは個体数を測定した(ベルトトランセクト)。水中部は潜水観察を行っている。測線の変化点では、起点からの距離を巻き尺、地盤高さをレベルで測定した。なお、各測線はすべての調査で一致させている。

平成13年3月の調査では、タイドプール①～③内およびタイドプール外のpH、DOを昼間と夜間に測定した。

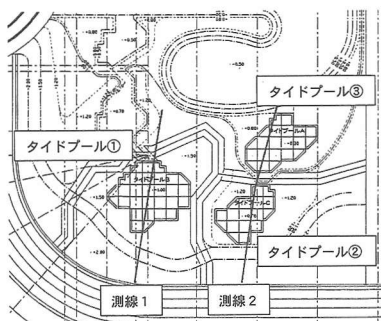


図-4 調査測線

## 4. 調査結果および考察

### 4.1 施工後26ヶ月経過した付着生物の分布

図-5、6に平成13年3月(施工後26ヶ月)に実施した生物分布のライン調査結果を示す。図中の上段は地形測量結果を示し、下段は観察された海藻のうち被度が5%、動物では個体数が5個体を越える主要な種の分布を示す。

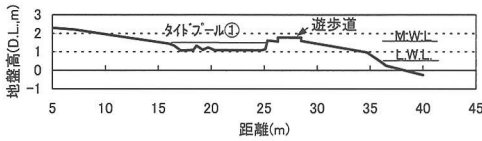
図-5から、干出時のタイドプール①の水面は+1.4m(実測値)で、M.W.L.+1.6mよりやや低い。その沖側は遊歩道を挟み、徐々に深くなる。海藻類では、干出時間が長いタイドプール①の外縁部には緑藻のアナアオサが優占し、沖側の干出部でもM.W.L.以深に分布している。アナアオサは他の緑藻と比べ、耐乾燥性が強い種であることがわかる。タイドプール①内には緑藻のシオグサ属が優占し、褐藻類ではフクロノリ、ヒジキ、ウミトラノオが分布しているが、干出する部分には褐藻類はほとんど分布できない。

動物ではタイドプール①内に軟体類のカサガイ s.p., ブドウガイ, 節足動物のイソガニ, イソスジエビ, ヤドカリが多い。これらの種は干出しやすいM.W.L.付近の捨石では分布しないが、この部分には乾燥に強い貝類のベッコウガサガイとヨメガカサガが優占している。

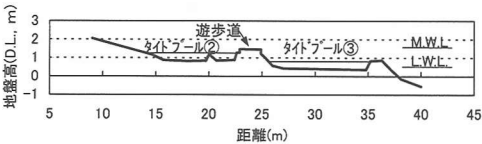
図-6から、タイドプール②の水面は+1.2m, 遊歩道を挟んでタイドプール③の水面は+0.8mで、その沖側はすぐにL.W.L.以下に落ち込む。海藻類では、全体にアナアオサが分布している。タイドプール①に比べ褐藻類の分布が多く、タイドプール②ではホンダワラ類のウミトラノオ, ヒジキ, タマハハキモクが分布する。さらに、タイドプール③は没水している時間が長いこともあり海藻類が繁茂し、タマハハキモクを優占種とした6種類のホンダワラ類が混生するガラモ場が形成された。

動物では、ブドウガイがタイドプール②で優占しているが、その他の場所では分布しない。タイドプール②の中央には砂が堆積しており、この部分には付着生物が分布しにくい状況にある。タイドプール③ではコシダカガンガラとイワフジツボが分布しているが量は少ない。海藻が繁茂すると動物が少ない傾向がある。

著者らは当人工磯の生物相を予測するため、類似した波浪環境の傾斜石積み式の北防波堤(1:0.6程度の急勾配)の潮間帯の付着生物分布を事前調査した(綿貫ら, 2000)。事前調査時では海藻類が31種、動物が18種観察されている。事前調査時の生物の鉛直分布とこれまでのモニタリング調査で求めた生物の分布範囲を図-7に示す。図中太い実線は事前調査時、細線は人工磯での付着生物の分布範囲である。細線の実線はタイドプール内の分布を意味する。これによると、タイドプールを含む

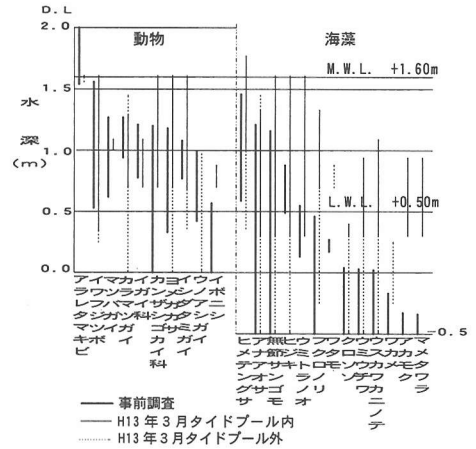


図一五 測線1の地形と被度調査結果 (H13.3)



図一六 測線2の地形と被度調査結果 (H13.3)

人工磯における生物の鉛直分布の上限は、事前調査の鉛直分布の上限よりも大きくなる傾向にある。特に、事前調査では大型のホンダワラ類のアカモク、マメタワラは-0.3 m以深にしか出現してないが、タイドプールの



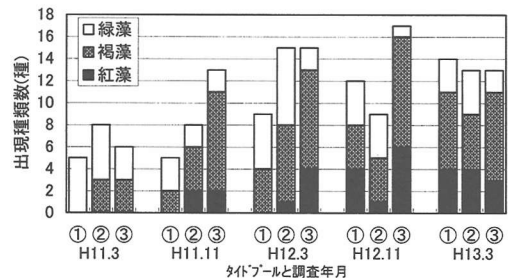
図一七 事前調査と平成13年3月調査の生物分布

貯水効果により+0.9 mまで60 cmほど高い分布になっている。

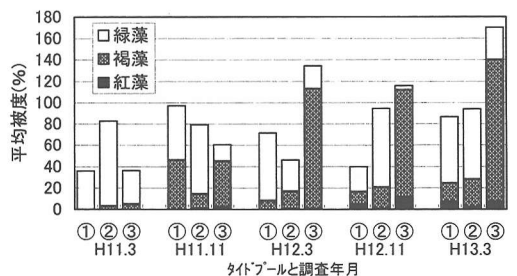
#### 4.2 タイドプール内の付着生物の変遷

##### a) 海藻類

図一8にタイドプール内の海藻類の種組成の経年変化を示す。まず緑藻もしくは褐藻が入植し、次第に紅藻類の種数も増えている。年ごとに種数は増えているが、事前調査で確認された31種のまだ半分であり、海藻類の遷移の途中相と考えられ、極相まで数年が必要と推察される。図一9にタイドプール内の海藻類の平均被度の経年変化を示す。ここで、平均被度とは、図一5、6に示された海藻の被度の値にその種が観察された区間の距離を乗



図一八 タイドプール内の海藻類の種組成の経年変化



図一九 タイドプール内の海藻類の平均被度の経年変化

表-1 タイドプール内の海藻類の優先種

|             | 2ヶ月後<br>(H11.3) | 10ヶ月後<br>(H11.11) | 14ヶ月後<br>(H12.3)                     | 22ヶ月後<br>(H12.11) | 26ヶ月後<br>(H13.3)     |
|-------------|-----------------|-------------------|--------------------------------------|-------------------|----------------------|
| タイド<br>プール① | ヒラアオリ<br>ボウアオリ  | シオグサ属             | シオグサ属                                | シオグサ属             | シオグサ属                |
| タイド<br>プール② | ヒラアオリ           |                   | アオアオサ                                | アオアオサ<br>ウミトラノオ   | アオアオサ<br>ウミトラノオ      |
| タイド<br>プール③ | ホソヒメア<br>オリ     | シオグサ属             | アオアオサ,<br>イソモク, ヒ<br>ジキ, タマハ<br>ハキモク | イソモク<br>ヒジキ       | タマハハキモ<br>ク<br>アオアオサ |

じ、測線上のタイドプールの長さで割った値で、タイドプール内に平均的に分布する海藻の被度を表す。なお、累積被度であるので、大型と小型海藻の被度の合計は100%を越えることもある。また、表-1に各タイドプール内の海藻類の優占種を示す。

図-9と表-1から、施工直後はアオリ類等の短命な緑藻類が優占し、その後は緑藻のシオグサ属や褐藻類が優占してくる。タイドプール③では平成11年の春にホンダワラ類の幼胚が入植し、その後、ホンダワラ類藻場(ガラモ場)が形成されてきた。一般的に、漸深帯に石等の新しい基質を設置すると、緑藻のような短命な小型海藻が入植し、次第に褐藻類や紅藻類が優占してくるが、潮間帯のタイドプールでも同様な経過が見られる。

平成13年のタイドプール③内のタマハハキモクのガラモ場を写真-2に示す。各測線のタイドプール外のL.W.L.以深ではホンダワラ類は繁茂していない。この理由として、タイドプール③は上げ潮時に波で陸側に寄せられたホンダワラ類の成熟個体が下げ潮時にはタイドプール内にトラップされ、幼胚の供給を受けやすいこと、また、平成11年11月の調査の時にタイドプール沖のL.W.L.以深にメジナ約100尾やアイゴ約300尾の群が観察され、タイドプール外では藻食魚類による摂餌圧が高いことが推察される。これから、藻食魚類による磯焼けが深刻な海岸のL.W.L.付近にタイドプールを造成することで大型海藻の保護区となる可能性があり、さらに検証が必要である。

#### b) 動物

図-10はタイドプール内で確認された動物の種数の

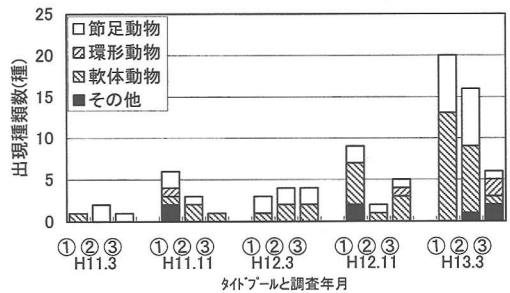


図-10 タイドプール内の動物類の種組成の経年変化

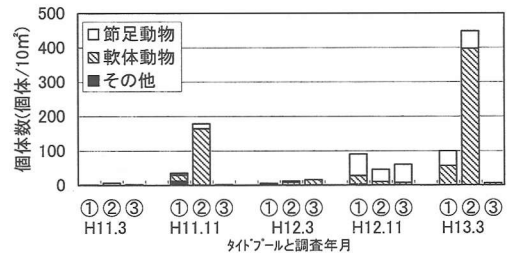


図-11 タイドプール内の動物類の個体数の経年変化

経年変化を示す。動物の種数は増大傾向にあり、事前調査に観察された付着動物の18種と同程度の種数に達している。ガラモ場が形成されているタイドプール③では出現種数は少ないが、タイドプール①、②は26ヶ月後の調査で15~20種と多くなっている。多い種は貝類の軟体動物やイソスジエビやヤドカリ等の節足動物である。

図-11に動物の個体数の経年変化を示す。この図では、各タイドプールの大きさが異なるので、10m<sup>2</sup>当たりの個体数に換算した。海藻と異なり、タイドプール内の動物の個体数は少ない。おおむね1年後からブドウガイやイソスジエビが分布し始め、その後、平成13年3月にはブドウガイやカサガイ類の軟体動物に加えて、節足動物のヤドカリ、イソガニなどが分布し始め、量的にも多くなっている。

#### 4.3 タイドプール外縁上の動物

カサガイ類やマツバガイなどの貝類は、干出時に岩の窪みや亀裂の湿潤な場所に定位することが多い。当タイドプールは天然岩礁の岩表面から転写したブロックであり、亀裂等の微細地形を有している。平成13年3月の調査では、これらの貝類も多く入植しており、タイドプール外縁上の干出部では窪み等に定位していることが観察された(写真-3)。このように、タイドプールを形成する構造体の干出部に微細地形を再現させ湿潤状態が維持されると、より生物の生息場が広がるものと考えられる。

#### 4.4 タイドプールにトラップされた魚類

各調査時にはタイドプール内に取り残された魚類が遊泳していた。平成11年3月には、キビナゴが接岸し、タ



写真-2 タイドプール③に形成されたガラモ場

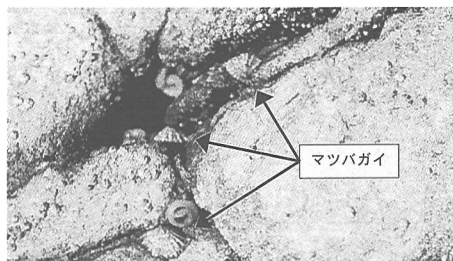


写真-3 干出時にユニットの亀裂に潜むマツバガイ

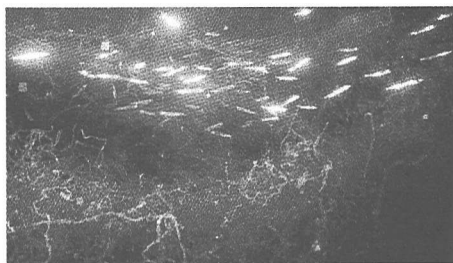


写真-4 タイドプールで観察されたキナゴ

イドプール内に 400~2,000 尾観察された(写真-4)。その他の調査時には、ボラの幼魚やハゼ類が 20~50 尾観察された。魚類のトラップはそのときの魚類の行動に依存するが、M.W.L.~L.W.L.間にタイドプールの水面を合わせることでほぼ毎回、観察できると考えられる。

#### 4.5 タイドプール内の DO の変化

タイドプールの干出時には、外海との流入がなくなるので、タイドプール内の溶存酸素濃度 DO は藻類による光合成・呼吸、動物の呼吸、水面での再曝気に影響される。平成 13 年 3 月の干潮時に各タイドプールの DO (図-12) と pH を測定した。pH の傾向は DO の傾向とほとんど同じで、DO が大きくなると、pH が大きくなる。昼間の観測では、海藻が繁茂しているタイドプール③では、3 時間で DO が約 15 mg/l 上昇した。ホンダワラ類の現存量は約 3 kg/m<sup>2</sup>である。主に海藻の光合成により海水中の炭酸ガスが固定され、海水の pH は 0.4 増大した。夜間は逆に呼吸により、タイドプール③では 3 時間で DO が 3.5 mg/l 減少し、pH が 0.2 低下した。

DO の変化をホンダワラ類による光合成、呼吸の結果と仮定すれば、タイドプールが干出している間の DO 収支は 11.5 mg/l の供給で、タイドプール③ (面積 66 m<sup>2</sup>, 容積 33 m<sup>3</sup>) では、海藻 1 kg 当たり 1.9 g の DO の供給となる。光合成は、CO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O+光エネルギー→(CH<sub>2</sub>O)+O<sub>2</sub>で表されるので、モル比から CO<sub>2</sub>の固定量は海藻 1 kg 当たり 2.7 g と試算された。

## 5. おわりに

佐賀県呼子町の静穏域に施工されたタイドプールを有

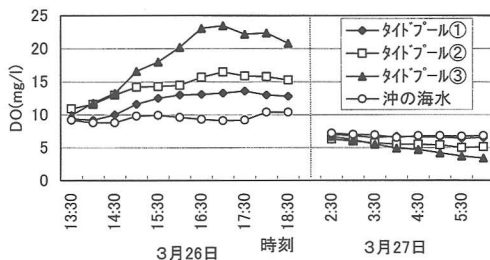


図-12 干潮時のタイドプール内の DO の推移

する人工磯の生物調査により、以下の事項が判明した。

①施工 26ヶ月後には、タイドプール内に 13~14 種の海藻が観察されたが、事前調査の半分程度であり、遷移の途中である。動物類は事前調査とほぼ同程度の種数に達している。また、干出に弱い種も分布してきた。

②タイドプールを含む人工磯における生物の鉛直分布の上限は、傾斜堤での鉛直分布の上限よりも高くなる。

③タイドプール外には大型海藻は少なく、タイドプールにはガラモ場が形成された。藻食魚類による食害を受けにくい可能性がある。

④タイドプールの干出時、外縁上の亀裂や窪みに貝類等が定位し、微地形による湿潤維持が生息場を拡げている。

⑤タイドプール内に海藻が繁茂することで好気的環境が保たれる。

ただし、本タイドプールは波浪の影響が小さな条件である。波浪が影響する場合、飛沫により湿潤範囲が広がるので、岩礁性生物の分布もより高所まで広がることから、今後はより波浪の強い海域でのタイドプール付き人工磯の施工が実施された場合に調査を実施する必要がある。

最後に、本調査の生物調査は(株)海藻研究所の新井章吾氏に全面的に協力して頂いた。ここに記して謝意を表する。

## 参考文献

- 井上雅夫・島田広昭・鉄川 精・中村克彦 (1995): 生物との共生をめざした人工磯の生態学的研究, 海岸工学論文集, 第 42 巻, pp. 1191-1195.
- 井上雅夫・鉄川 精・島田広昭・柄谷友香 (1996): 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.
- 丸井隆一 (1999): 魚と祭りと小友漁港海岸整備事業, はまべ交信, 第 7 号, 26-29.
- 綿貫 啓・廣瀬紀一・長谷川実・高橋邦正・古澤 晃 (1999): 人工タイドプールの開発, 海洋開発論文集, 第 15 巻, pp. 101-106.
- 綿貫 啓・廣瀬紀一・長谷川実・坂本通昭・丸井隆一 (2000): タイドプールを有する人工磯の施工と生物相の変遷, テクノ・オーシャン 2000, proc., Vol. III, pp. 611-616.