

# テラス型干潟におけるタイドプールの ベントス生息に対する役割

ROLE OF TIDEPOOL ON TERRACE-TYPE TIDAL FLAT AS BENTHOS HABITAT

岡田知也・古川恵太

Tomonari OKADA and Keita FURUKAWA

正会員 工博 国土交通省国土技術政策総合研究所 沿岸海洋研究部海洋環境研究室  
(〒238-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1)

Species diversity in a terrace-type tidal flat with a tidepool was investigated in a constructed tidal flat at Han-nan 2nd section, Osaka. The tidal flat has been featured by two sub class of tidal flat; a terrace-type and a slope-type. A tidepool is formed in the terrace-type tidal flat during low water. Species of benthos in the tidepool was almost same as at mean monthly-lowest water level (L. W. L) in the slope-type of tidal flat. In addition, Shannon-Wiener diversity index of macrobenthos in the terrace-type tidal flat was almost same as one in the slope-type tidal flat. The tidepool on the terrace-type tidal flat seems to have a same role of L. W. L area of the slope-type tidal flat, and enhances environmental diversity and species diversity to the tidal flat.

**Key Words:** tidal flat, macrobenthos, tidepool, species diversity

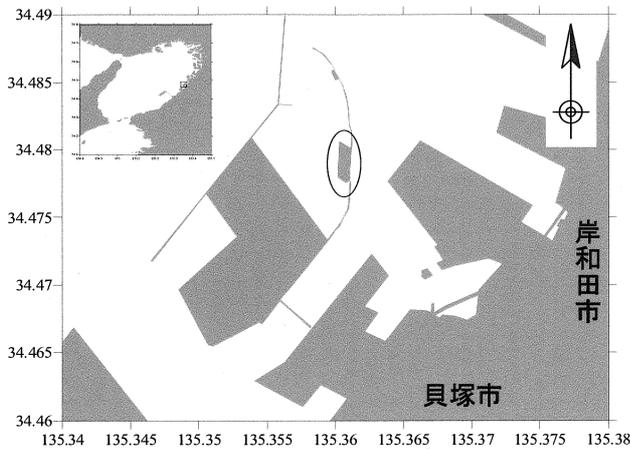
## 1. はじめに

近年、沿岸域の自然再生を目指し、人工干潟の造成がなされている。干潟は、水質浄化機能、生物生息機能および親水機能等種々の価値をもつ<sup>1)</sup>。そのため、多くの沿岸域において干潟の再生、都市沿岸域での干潟造成の試みがなされている<sup>2)</sup>。この沿岸域の自然再生の機運が高まった要因の一つは、これまでの沿岸域の開発によって自然環境が失われた（もしくは損なわれた）現状の海辺に対する人々の喪失感や人が持つ自然への渴望であろう。

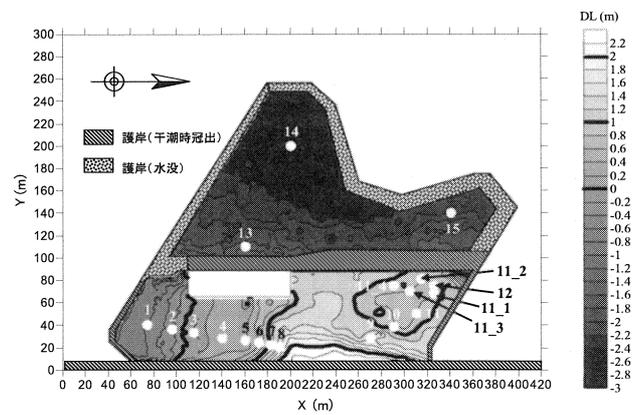
港湾施設および防災施設等の人工構造物の整備によって、多くの干潟および浅場は失われ、そして、現状の沿岸線のほとんどは直立護岸によって覆いつくされてしまった。この状況に対して、昔の風景（例えば、陸から海へヨシ原・干潟・藻場と緩やかに繋がりが、そこでは子供達が水遊びをする風景）を懐かしみ、再生の目標とすべきと言う意見がある<sup>3)</sup>。これらの繋がりは、連続性としばしば呼ばれる。物質循環および生物生息条件からみても、この連続性は極めて重要であり、干潟を造成する際にも、この連続性の観点から、緩やかに陸域と海域と繋がるのが重要とされている<sup>4)</sup>。

しかし、この連続性の過度もしくは盲目的な重視は、干潟造成の適用範囲を狭める。なぜなら、緩やかな勾配（1/100以下）で陸と海を結ぶためには数100 m以上の長さが必要だが、このような領域を確保することは現実的には困難だからだ。例えば、岸沖方向に十分な領域を確保できない都市臨海部の水路の護岸前面での適用を考えた場合、連続性の確保できない干潟は当初計画から外され、テラス型の人工磯タイプになる場合が多い。なお、ここでのテラス型とは、岸沖方向長さが数mから数10 m程度で、ほぼ一様な標高をもち、干潮時には全体が干出する面のこととする。このテラス型干潟が除外される理由は、ほぼフラットな小領域の環境多様性<sup>5)</sup>は小さく、生物多様性が生み出せないだろうと言う理由である。

しかし、今まで忘れ去られていたのが自然干潟上に形成される干出部分と潮だまり（タイドプール）とミヨ筋の連続性であり、これをモデルにテラス型干潟面上にタイドプール等の微地形を作ることで環境多様性を創造できるかもしれない。そこで、本研究では、この仮説を検証する目的で、テラス型干潟におけるタイドプールの役割を勾配型干潟と比較することで評価し、テラス型干潟の自然再生手法としての適用性について検討する。



(a)



(b)

図-1 阪南2区造成干潟の(a)場所および(b)地形および調査地点。(a)中の楕円は阪南2区造成干潟の場所。(b)中の数字は採泥地点番号。Stn. 1-8:L1(勾配型), Stn. 9-12:L2(テラス型)。干潟の周辺は海域(水深約6m)。

一般的に、タイドプール(潮溜り)は、磯に形成される。砂浜や砂質干潟では、地盤の透水性が高いためタイドプールは維持されにくい。そのため、タイドプールに関する既往の研究は、磯や人工磯に関する研究<sup>9-11)</sup>が中心であり、対象は付着藻類や海藻に関するものが多い。造成泥干潟、泥干潟および湿地の管理手法として、タイドプールやクリーク等の微地形を人為的に造成した事例<sup>12)</sup>はあるが、その機能を定量的に評価するまでには至っていない。

本研究で対象とした干潟は、浚渫泥の上に砂を被せた構造をしており<sup>10)</sup>、その透水性の低い浚渫泥の効果によって自然の砂質干潟と異なりタイドプールを維持する特徴がある。また、本干潟は、タイドプールがあるテラス構造をした干潟面(以下、テラス型干潟と呼ぶ)と岸沖方向の勾配をもった干潟面(以下、勾配型干潟と呼ぶ)が砂州を隔てて隣接しており、同一海域で地盤構造の異なる干潟を比較評価できる利点を持つ。

## 2. 調査内容

### (1) 調査干潟

大阪府貝塚市沖の阪南2区造成干潟で調査を実施した<sup>9)</sup>。本干潟は水深約10mの海域を埋立て造成された。本造成干潟は干潟部と浅場部からなっており、干潟部と浅場部(DL=-3m)は中仕切り堤(Y=100m)によって区切られている(図-1)。中仕切り堤の標高は干潟面とほぼ同じである(DL=1.0m)。干潟部のX=220m付近は周辺よりも標高が高い砂州状の地形があり(DL=1.0m)、北側(X>260m)のテラス型干潟、西側(X<200m)の勾配型干潟を分けている。下げ潮時には、X=220m付近が分水嶺になり、テラス型干潟上の水塊は北西側に流れ、勾配型干潟上の水塊は南側に流れる。

平均潮位DL=0.9mに対して、中仕切り堤DL=1.0mのため、テラス型干潟部は干潮時に干出するが、タイドプールが一部に形成される。このタイドプールの詳細については後述する。

### (2) 調査内容

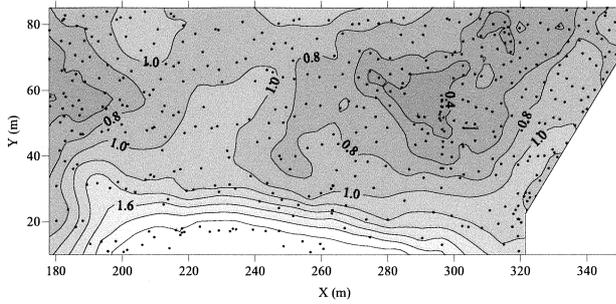
図中の19地点において、2005年9月に採泥を行った。各地点において、3回採泥し(0.05m<sup>2</sup>×3回)、これらを混合して1検体とした。Stn. 1, 13では3検体採取した。Stn. 6, 11では降雨や台風等の短期的な変動影響を取り除くために、3検体を1週間間隔に3回採取した。以下、勾配型干潟上の調査地点グループ(Stn. 1-8)をL1、テラス型干潟上の調査地点グループ(Stn. 9-12)をL2と呼ぶ。

底質は、全地点の含水率、全有機炭素(TOC)、全窒素(TN)、全リン(TP)および硫化物(S)を分析した。ベントスに関しては、全ての地点に対してマクロベントス、Stn. 1, 6, 11, 13に対してメイオベントスの種類数、個体数および湿重量を測定した。

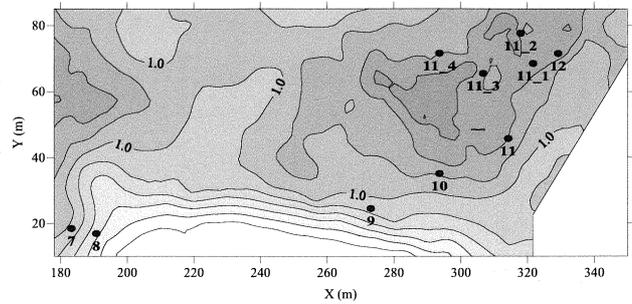
TOCは乾燥試料を酸処理した後CHNコーダー(MT-3:ヤナコ社製)を用いて測定した。TPは硝酸-過塩素酸分解法により溶出させた後、分光光度計(U-2010:日立製作所製)を用いて分析した。TNはインドフェノール青吸光光度法により分析した。

干潟上の標高測量は2005年11月に行った。標高の測定にはRTK測位情報(海上DGPS利用推進機構運用)を利用して測定した。GPS受信機には4000SSE(Trimble社製)を用いた。RTK測位情報を用いた測位精度は水平方向±(1cm+2ppmD)、垂直方向±(2cm+2ppmD)である<sup>11)</sup>。アンテナを取り付けた棒を、垂直に保ちつつ、下端を干潟面上を滑らせながら歩行して、干潟標高を測定した。RTKデータの受信は5秒に1回であり、歩行速度1m/sの場合は5m間隔のデータになる。

干潟のStn. 4-12における干出時間を2005年12月に



(a)



(b)

図-2 (a) RTK-GPSを用いて測定したテラス型干潟部のDL(m)とRTKデータ取得地点(●). (b) DL等高線と採泥位置. ●は採泥地点, 数値はStation番号を示す.

表-1 各地点におけるDLと干出時間割合

Station	DL (m)	干出時間割合 (%)
5	0.40	3.6
6	0.60	
7	1.00	48.9
8	1.40	96.8
9	1.15	59.4
10	0.95	20.3
11	0.60	0.0
11_1	0.52	0.0
11_2	0.45	0.0
11_3	0.55	0.0
11_4	0.65	10.2
12	0.50	0.0

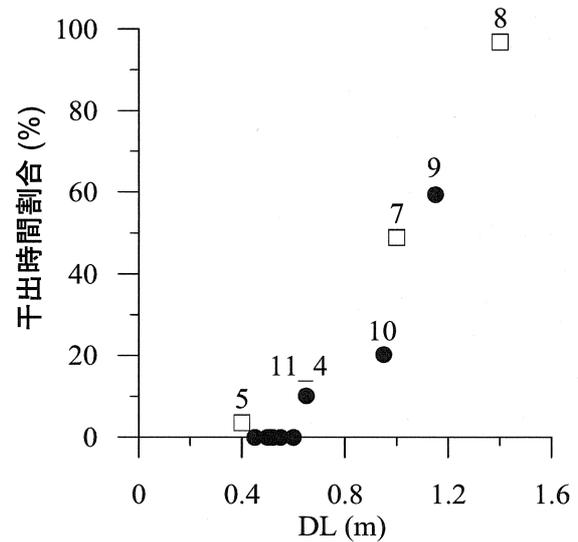


図-3 DLと干出時間割合の関係. □: L1, ●: L2. 図中の数値はStation番号を示す. 干出時間割合が0%の地点は左から, Stn. 11\_2, 12, 11\_1, 11\_3, 11.

測定した. 各地点の干潟面上に塩分計 (Compact-CT : アレック電子社製) を設置して, 10分間隔でデータを取得した. 塩分が5以下となった時間帯を干出時とした. 各地点の塩分データと大阪府大阪市港区築港の実測潮位<sup>12)</sup>の関係から, 各地点における干出時の潮位を決定した. そして, 2005年1月から12月までの実測潮位を用いて, 1年間当たりの干出総時間を求め, 1年当りの干出時間の割合を算出した.

### 3. 結果

#### (1) 地形および干出時間

RTKデータを用いた各測定点はランダムに位置しているが, 各地点間の距離は最大で約10m, 平均約4m程度であった(図-2).

タイドプールはおよそ $270\text{ m} < X < 330\text{ m}$ ,  $40\text{ m} < Y < 80\text{ m}$ の範囲だった. タイドプールの最低DLは+0.3mだった( $X = 315\text{ m}$ ,  $Y = 80\text{ m}$ ). L2においては, 中央部のタイドプール部の影響で勾配の方向は場所によって異なった. Stn. 9付近の勾配は1/25だったが, その他の地点の勾配は1/50だった. 一方L1においては, 勾配は一方向であったが, その勾配は一様ではなく,  $X = 170 - 190\text{ m}$ 付近では1/20,  $X < 160\text{ m}$ では1/70だった(図-

1). 自然干潟の勾配は概ね1/100以下であり, L1およびL2の勾配は, 自然干潟に比べて大きかった.

それぞれの観測地点の干出時間割合は, L1のStn. 8, 7, 5ではそれぞれ97, 49, 4%, L2のStn. 9-12ではそれぞれ59, 20, 0, 0, 0, 0, 10, 0%だった(表-1). L2におけるDL=1.0m(中仕切り堤地盤高)以下では, 同じ地盤高のL1よりも干出時間割合は小さかった(図-3). また, L2におけるDL=0.6m以下は常に水没状態であった.

#### (2) 底質

含水率, TOC, TN, TP, Sともに, DLが低いほど, 大きい値だった(図-4). この傾向はL1において顕著だった. 干出時間がほぼ100%のStn. 8の含水率, TOC, TN, TP, Sは, それぞれ7%,  $0.2\text{ mg g}^{-1}$ ,  $0.06\text{ mg g}^{-1}$ ,  $0.07\text{ mg g}^{-1}$ ,  $0.00\text{ mg g}^{-1}$ だった. L1の最低DLであるStn. 1のそれらは, それぞれ58,  $8.0\text{ mg g}^{-1}$ ,  $0.61\text{ mg g}^{-1}$ ,  $0.29\text{ mg g}^{-1}$ ,  $0.27\text{ mg g}^{-1}$ だった. タイドプール内の地点であるStn. 11のそれらは, それぞれ28%,  $0.5\text{ mg g}^{-1}$ ,  $0.06\text{ mg g}^{-1}$ ,  $0.13\text{ mg g}^{-1}$ ,  $0.00\text{ mg g}^{-1}$ だった. 中仕切り堤

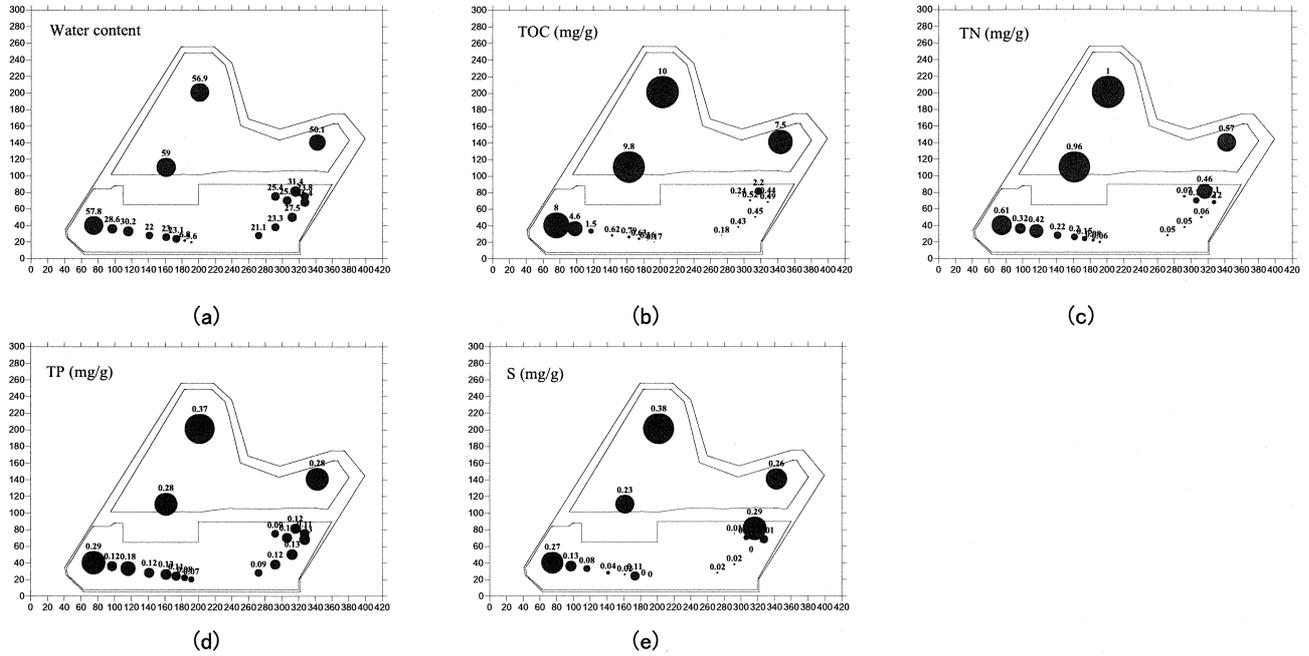


図-4 各底質指標の平面分布。(a):含水率(%), (b):TOC (mg g<sup>-1</sup>), (c):TN (mg g<sup>-1</sup>), (d):TP (mg g<sup>-1</sup>), (e):S (mg g<sup>-1</sup>). 図中の●の大きさは値の大きさに比例している。

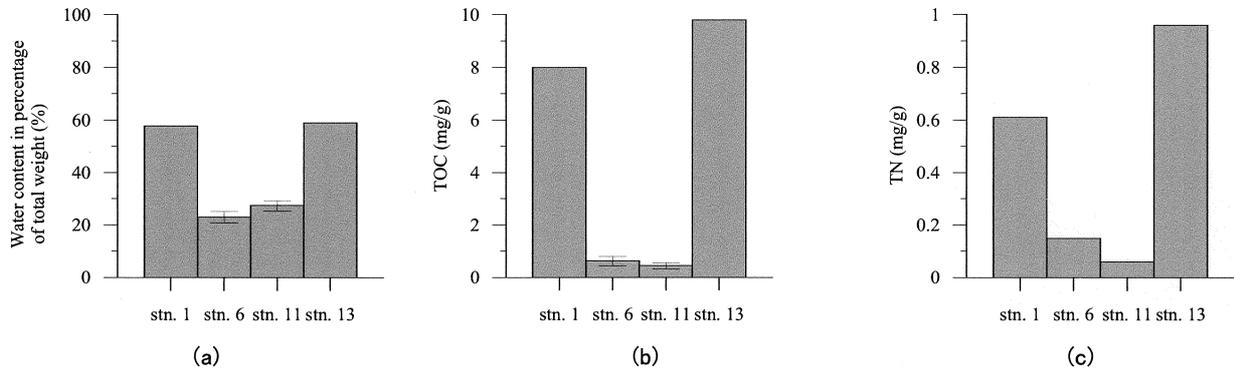


図-5 Stn.1,6,11,13における(a):含水比, (b):TOC (mg g<sup>-1</sup>), (c):TN (mg g<sup>-1</sup>).

外側のStn. 13のそれらは、それぞれ59%、9.8 mg g<sup>-1</sup>、0.96 mg g<sup>-1</sup>、0.28 mg g<sup>-1</sup>、0.23 mg g<sup>-1</sup>だった。DL=0.6であるL1上のStn. 6とL2上のStn. 11の間には有意な差はなく、両者ともに、含水率、TOC、TNともに小さかった(図-5)。中仕切り堤外側、L1のstn. 1-3付近およびタイドプールの最深部ではTN、TP、Sが高く、富栄養化していた。

### (3) ベントス標高分布

L1およびL2ともにDL毎に出現する生物種は異なっていた。L1に対して、潮帯①:DL > 平均潮位、潮帯②:朔望平均干潮位 < DL < 平均潮位、潮帯③:DL < 朔望平均干潮位の3つに潮帯を分けると、各潮帯における優占種(上位から累積70%)は①コケゴカイ、クチバガイ、②ミツバネスピオ、コケゴカイ、ミズヒキゴカイ、ホトトギスガイ、③ドロソコエビ属、コケゴカイだった。L2に対しては、潮帯①:DL > 平均潮位、潮帯②:タイドプール水面 < DL < 平均潮位、潮帯③:DL < タイドプール水面の3つに潮帯を分ける

と、各潮帯の優占種は①ヒメゴカイ、*Sigambra* sp., ブドウガイ、ニホンドロソコエビ、②ドロソコエビ属、コケゴカイ、ミツバネスピオ、アサリ、③ホトトギスガイ、スズメハマツボ、コケゴカイ、ミツバネスピオだった。中仕切り堤の外側の優占種は汚濁指標種<sup>13)</sup>の*Paraprionospio* sp.(A型)だった。

DL毎の生物分布を、種で整理すると煩雑になるので、グループ(主に目)で整理した(図-6)。両者の潮帯①においてサシバゴカイ目が、潮帯②においてイガイ目、サシバゴカイ目、スピオ目が、潮帯③においてサシバゴカイ目、ヨコエビ目が共通して優占しており、生物相は類似していた。

### (4) L1とL2の比較

DL=0.6mのStn. 6(L1:干出時間割合19%)およびStn. 11(L2:干出時間割合0%)におけるマクロベントスの種類数、個体数および湿重量の平均値は、それぞれ12種、11種、734個体m<sup>2</sup>、1740個体m<sup>2</sup>、および40.0 mg m<sup>2</sup>、47.8 mg m<sup>2</sup>だった(図-7)。個体数はStn.

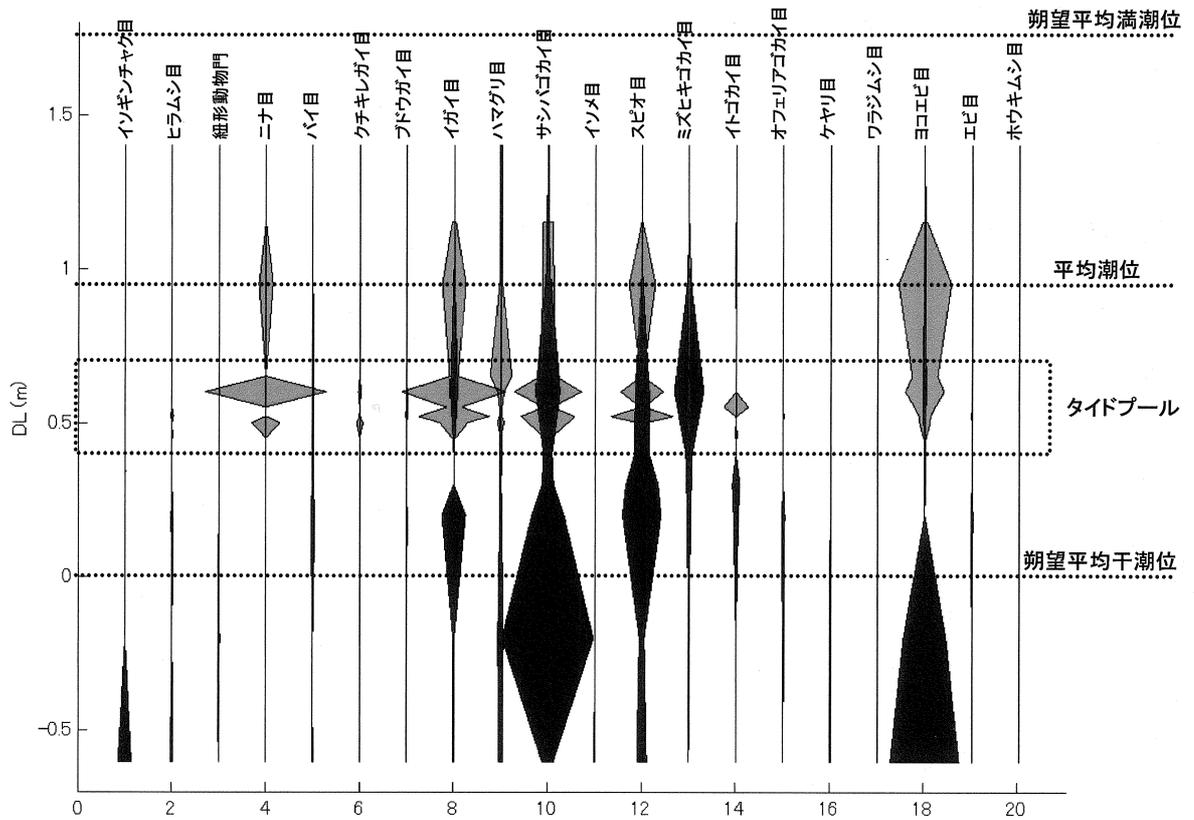


図-6 標高に対するマクロベントス（グループ）個体数の分布。グレー：テラス型干潟，黒：勾配型干潟，分布幅のスケールは各グループに対して同じ。

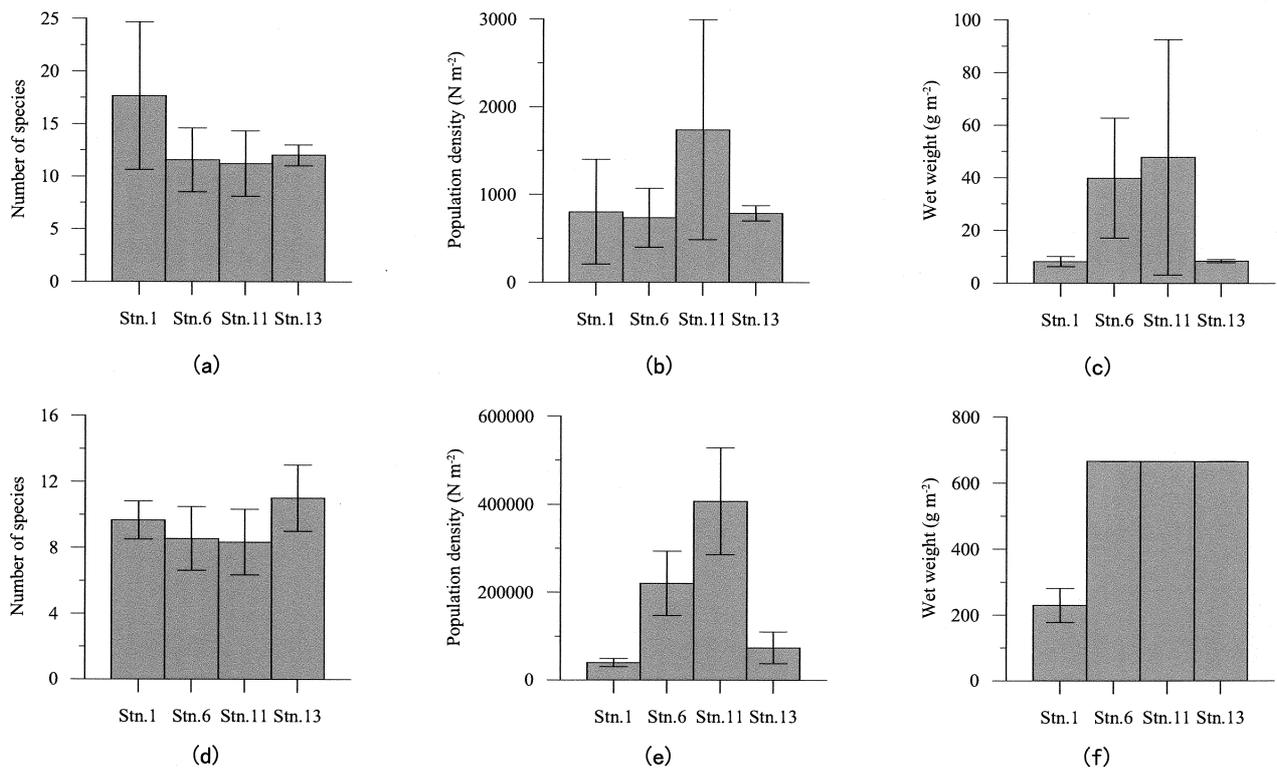


図-7 Stn.1,6,11,13におけるマクロベントスの(a)種類数, (b)個体数, (c)湿重量およびメイオベントスの(d)種類数, (e)個体数, (f)湿重量。

11の方が大きかったが、種類数および湿重量に関しては有意な差はなかった。メイオベントスに関しても同様に、個体数はStn. 11の方が大きかったが、種類数および湿重量に関しては有意な差はなかった。

L1上のStn. 1からStn. 7までの10検体とL2上のStn. 9からStn. 12までの10検体のデータを合計し両者を比較すると、それぞれの種類数はL1:42種, L2:32種, 個体数は, L1:801個体 $m^2$ , L2:1964個体 $m^2$ だった。L1の方が多種・少個体だった。

Shannon-Wiener 多様度指数<sup>12)</sup> (個体数1および2は除いた)はL1:3.3, L2:3.0。相対的にはL1の方が多様度指数は高かったが、両者の差は小さかった。個々の地点の多様度指数をL1およびL2中の10検体で平均すると、それぞれL1:2.64 $\pm$ 0.62, L2:2.57 $\pm$ 0.20だった。多様度指数の平均値の差は小さく有意な差はなかったが、標準偏差に関してL1の方が大きかった。

#### 4. 考察

テラス型干潟上のタイドプールにおける生物相と勾配型干潟の朔望平均干潮位付近の生物相は同じだった。このことは、テラス型干潟上のタイドプールは勾配型干潟の朔望平均干潮位付近と同じ生物生息機能があることを示す。その要因は、干出時間、干潮時の水深、底質条件がほぼ同じだったことであろう。タイドプールの干出時間割合は、前述したように0%だった。朔望平均干潮位付近の干出時間は0%ではないが0%に近い。タイドプールの最大水深は50cm程度であった。朔望平均干潮位付近では、干潮時の水深は約1mから0cmであろう。この干出時間と干潮時の水深が同じであることは、一方向勾配の干潟ならば、標高が同じことに相当する。つまり、干潮時に干出するようなテラス型干潟において、タイドプールは、地形の連続性として欠落していた朔望平均潮位付近の環境状況を作り出す。

このテラス型干潟上の(擬)朔望平均干潮面は、テラス型干潟の多様度を高める働きをしていた。L2の各地点の多様度指数は、一様に小さかったものの、場としては大きかった。このことは、L2における各場では多様度の小さい生物群集が形成されているが、その生物群集は干出時間に依存した異なる群集であり、それらの集合体として多様度の高い場が形成されていると考えられる。

データとしては取得していないが、調査時の目視では、干潮時のタイドプール内に多くの稚仔魚が確認された。テラス型干潟は海域部海底面との連続性がない状況はあるが、稚仔魚に関しては移入が確保されるようである。このことは、磯に形成されるタイドプールや人工磯でも指摘されており、当然、テラス型干潟に形成されるタイドプールにおいても期待できる効果だろう。

#### 5. おわりに

干潮時に干出するテラス型干潟上のタイドプールは、テラス型干潟上に擬似的な朔望平均干潮面を作り出した。この擬朔望平均干潮面がテラス型干潟に環境多様性を創出し、生物多様性を生み出した。その多様度は隣接する勾配型干潟の多様度とほぼ同じだった。これらのことから、タイドプール付きのテラス型干潟は、都市臨海部のように制約が厳しい場所における自然再生技術メニューの一つとして十分有効であると考えられる。

**謝辞:** 本研究は、都市臨海部に干潟を取り戻すプロジェクト(国土技術政策総合研究所)の阪南2区干潟創造実験として実施された。阪南2区造成干潟への立ち入りおよび調査実施に関しては、大阪府港湾局から許可を頂いた。ここに深く感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省港湾局監修: 海の自然再生ハンドブック第2巻, ぎょうせい, 138p. 2003.
- 2) 国土交通省港湾局監修: 海の自然再生ハンドブック第1巻, ぎょうせい, 107p. 2003.
- 3) 三番瀬再生計画検討会議: 三番瀬の変遷, 118P, 2004.
- 4) 風呂田利夫: 干潟生態系の特徴と機能, ならびに干潟生物種多様性低下の現状, 月刊海洋, Vol.37, No. 2, pp. 89-96, 2005.
- 5) 綿貫 啓, 廣瀬紀一, 半沢 稔, 坂本通昭, 丸井隆一: 岩肌をもつ人工タイドプールの生物相の変化, 海岸工学論文集, 第49巻, pp. 1326-1330, 2002.
- 6) 仁木将人, 酒井哲郎, 中原紘之: 人工磯浜における水質変化の生態系モデルによる評価, 海岸工学論文集, 第49巻, pp. 1241-1245, 2002.
- 7) 柴橋朋希, 島田広昭, 田中賢治, 吉安勇介, 橋中秀典, 井上雅夫: 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, 海洋開発論文集, 第18巻, pp. 503-508, 2002.
- 8) Metaxas, A. and Svheibling, R. E.: Top-down and bottom-up regulation of phytoplankton assemblages in tidepools, *Marine ecology progress series*, vol. 145, pp. 161-177, 1996.
- 9) Dethier, M. N.: Tidepools as refuges: predation and the limits of the harpacticoid copepod *tigriopus californicus*, *J. exp. mar. Ecol.*, vol. 42, pp. 99-111, 1980.
- 10) 古川恵太・岡田知也・東島義郎・橋本浩一: 阪南2区における造成干潟実験—都市臨海部に干潟を取り戻すプロジェクト—, 海洋開発論文集, Vol.21, pp. 659-664, 2005.
- 11) 海上DGPS利用推進機構: [www.mar-gps.or.jp/](http://www.mar-gps.or.jp/)
- 12) 気象庁潮汐観測資料: [www.data.kishou.go.jp/kaiyou/db/tide/genbo/index.php](http://www.data.kishou.go.jp/kaiyou/db/tide/genbo/index.php)
- 13) 日本海洋学会編: 沿岸調査マニュアル, 恒星社厚生閣, 266p, 1986.