

湘南港人工タイドプールの生態学的評価—造成後の環境変遷について—

高田英士*・近藤友明**・岡村知忠***
中瀬浩太****・廣海十朗*****

1997年に造成された湘南港人工タイドプールの生物相の変遷、および外力条件と生物相との関係抽出を目的として、自然・人工タイドプールの生物調査および人工タイドプールの水質・底質調査を実施した。その結果、人工タイドプールでは、①1999年調査時に比べて生物種数・個体数は増加したが、自然タイドプールに比べて少なく、②内部に土砂の堆積がみられ、③テッポウエビ・アサリ等干潟生物の生息が確認された。これより、当該人工タイドプールは、1999年の現地調査に比べて生物相は多様化した、自然タイドプールに比べて波浪の影響が小さいため、藻類等の岩礁性生物が少なく、また干潟性の生物群集が加入・生息していることが示唆された。

1. はじめに

人工磯は沿岸部の修景の一つとして考えられ、「磯浜」の雰囲気再現することを目的に、主に臨海部の公園等に作られてきた。現在では、修景にとどまらず、港湾の環境創造や自然再生のテーマとしてとらえられ、従来の自然石を配置する等の工夫に加えて、日陰、くぼみ、ノッチ、タイドプールなど岩礁海岸の生態的機能を表す微地形要素を取り入れる試みが行われるようになってきている。

人工磯やタイドプールは、生物が生息することが特徴となるため、一部の人工磯ではその構造や外力条件、生物分布について研究されている（表-1）。このように人

工磯やタイドプールの環境条件と生物生息との関係を明らかにすることは、人工磯を設計するに際して非常に重要と考えられる。しかし現在のところ、望ましい人工磯やタイドプールの設計に関する情報が明確になっているとは言い難い。

湘南港人工タイドプールは、港湾内に「タイドプール」という磯の持つ特徴的微地形を再現した構造物で、1997年に完成した。その建設目的は、「生物や生態系に配慮し、自然環境と共生したアメニティ豊かな施設」とされている。このタイドプールは、建設後2年目に生物分布の調査が行われた(中瀬ら, 2000)。そこで今回の研究では、建設後8年目の当人工タイドプールの生物生息状況および水質、流速、底質の調査をおこない、造成後の生物相変遷および物理条件と生物分布状況について評価をおこなうとともに、タイドプール計画上の条件抽出を試みた。

表-1 主な人工磯の施工および調査事例

都道府県	地区名	構造		主な利用		現地調査				主な文献・資料
		捨石	タイドプール	修景	親水	生態系保全	内容	生	外	
							底質・地形	水質	外力	
福島県	相馬港 原釜地区	○	○	○	○	○				—*
東京都	大井埠頭中央海浜公園	○	○	○	○	○				—*
	お台場	○	○	○	○	○				東京都環境局(2001)
	若洲海浜公園	○	○	○	○	○				運輸省港湾局(1998)
神奈川県	金沢地区海の公園	○	○	○	○	○				—*
福井県	敦賀港 鶴山北地区	○	○	○	○	○				島田ら(1994)
愛知県	三河港 三河臨海緑地	○	○	○	○	○				—*
大阪府	淡輪・箱作海岸	○	○	○	○	○				井上ら(1995)
	大阪港 舞洲地区	○	○	○	○	○				
兵庫県	魚住海岸	○	○	○	○	○				
	大蔵海岸	○	○	○	○	○				井上ら(1999)
	舞子	○	○	○	○	○				
岡山県	淡路島 東浦	○	○	○	○	○				
	沙美	○	○	○	○	○				
	児島港大島	○	○	○	○	○				橋中ら(2003)
	白間川河口	○	○	○	○	○				
	吉井川河口	○	○	○	○	○				
福岡県	福岡市 アイランドシティ	○	○	○	○	○				田中ら(2002)
佐賀県	小友漁港防波堤内側	○	○	○	○	○				綿貫ら(2002)

* 現地調査の実施が不明を示す

* 日本大学 生物資源科学研究科
** 東京海洋大学 海洋科学技術研究科
*** 正会員 修(工) 五洋建設(株) 環境事業部
**** 正会員 五洋建設(株) 環境事業部
***** 農博 日本大学教授 生物資源科学部

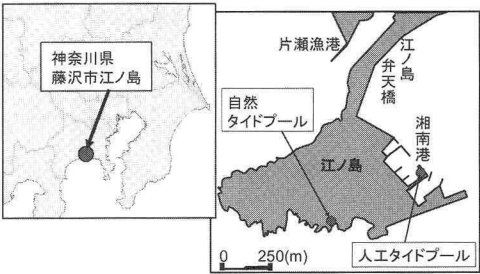


図-1 調査地点位置図

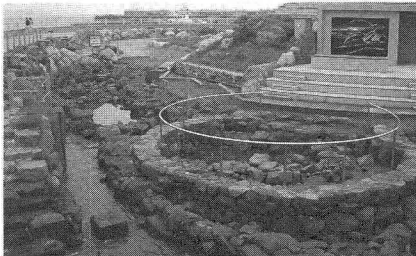


写真-1 湘南港人工タイドプール全体

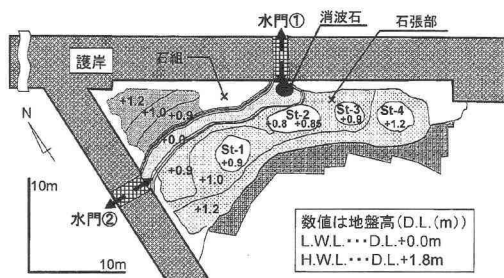


図-2 湘南港人工タイドプール平面図



写真-2 水門景観 (タイドプール内側から撮影)

2. 調査概要

(1) 湘南港人工タイドプールの概観

調査地点位置を図-1に、タイドプール外観を写真-1に示す。湘南港人工タイドプール (約400 m²) は、1997年に「港湾と人と磯・生き物との共生空間」を基本方針として神奈川県藤沢市江の島に造成された。このタイドプールは外周を護岸により囲まれ、海水交換は外海に接する2カ所の水門 (水門①, ②) からのみおこなわれている (図-2)。水門①, ②は利用者の安全のため、過度の海水流入を防止するため水門上部が閉められており、また水門①の内側には、波浪の直接入射を制御する消波石が配置されている (写真-2)。タイドプールの底面には花崗岩などの自然石を用い、生物の生息空間を作り出すよう石が配置され、また4箇所に小タイドプール (St-1～St-4) が形成されている。

なお、設計波高 (10年確率波) は、風波とうねりについて設定され、水門①側護岸は $H_{1/3} = 1.21 \text{ m} \cdot T_{1/3} = 14.9 \text{ sec}$ (うねり), $H_{1/3} = 1.12 \text{ m} \cdot H_{01/3} = 5.1 \text{ sec}$ (風波) で、水門②側護岸が $H_{1/3} = 0.37 \text{ m} \cdot T_{1/3} = 16.39 \text{ sec}$ (うねり), $H_{1/3} = 0.18 \text{ m} \cdot T_{1/3} = 5.1 \text{ sec}$ (風波) となっている。

(2) 調査地点

人工タイドプール内のほぼ同じ地盤高に位置する4カ所のタイドプール (図-2の St-1～St-4, D.L. +0.8 m～+1.1 m) を調査地点とした。St-1～St-4の表面積は、24.2 m², 10.5 m², 4.5 m², 8.3 m²である。また人工タイドプールの比較対象地点として、当プールの南西に位置するタイドプール (図-1, 以降自然タイドプール) を調査地点とした。なお、自然タイドプールと同一方向に面している湘南港の設計波高 (50年確率波) は、

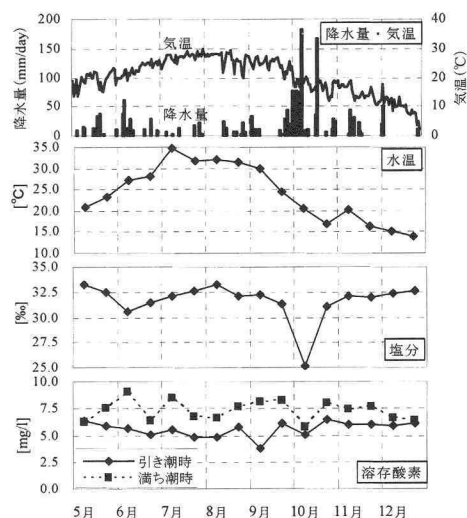


図-3 現地周辺の気象とタイドプール内の水質

$H_{01/3} = 10.1 \text{ m}$, $T_{01/3} = 12.6 \text{ sec}$ である。

(3) 調査方法

a) 生物調査

St-1～St-4および自然タイドプールの5地点において、50 cm × 50 cm の方形枠内に目視された生物の種同定を各5ヶ所ずつおこない、種別個体数および被度を計測した。2004年5月～12月の期間に2ヶ月に1回の頻度で実施した。

b) 水質・底質調査, 流速測定

St-1～St-4において、気温、水質 (水温、塩分、溶存酸素, pH, COD, ORP), 流速および堆積土砂の厚さ測定と粒度分析をおこなった。流速は上げ潮時において1分間の連続観測を、垂下式流速計 (CM-10S) を用いて各タイドプールにおいて3回ずつおこなった。

気温、水質調査は2004年5月～12月に月2回、タイドプール引き潮時と満ち潮時におこなった。流速、堆積土砂の厚さ測定、粒度分析用の土砂採取は12月6日に実施した。

3. 調査結果

(1) 水質および流速

a) 水質

現地周辺の気象と人工タイドプール内の水質を図-3に示す。ここで気象データは、気象庁ホームページ内の辻堂の気温、降水量データ (2004年5月～12月) を使用した。

水温は気温と連動して推移していた。塩分は降雨後の10月13日には25.2‰となったが、それ以外は30.6～33.3‰の範囲で推移した。溶存酸素は常に4.0 mg/lを上回り、また満ち潮時 (海水流入時) に上昇する傾向が確認された。

表-2 各タイドプールの流速・粒度組成・泥堆積厚

地点	流速			粒度組成			泥堆積厚 (cm)
	最小 (cm/s)	最大 (cm/s)	平均 (cm/s)	2 mm ふるい 透過率(%)	0.105 mm ふるい 透過率(%)	中央粒径 (mm)	
St-1	3.9	4.1	4.0	86.2	64.4	0.08	10.2
St-2	5.9	12.6	8.6	19.5	5.6	2mm以上	8.8
St-3	5.5	7.4	6.3	91.9	8.8	0.20	10.5
St-4	3.1	4.1	3.9	83.5	9.4	0.22	10.7

b) 流速

調査を実施した2004年12月6日は、その前日の台風27号来襲(近傍の辻堂地点で最大風速23 m/sを観測)による影響で高波浪であった。流速は、水門①に最も近いSt-2が8.6 cm/sと最大で、次いでSt-3, St-1, St-4の順となり、St-1とSt-4の2地点は4 cm/s以下となった(表-2)。

(2) 底質

タイドプール内に堆積していた底質の粒度組成(表-2)は、水門①に最も近いSt-2が粗砂分(粒径2 mm)以上が80.7%と、礫分や砂分を多く含んでいた。一方、St-1は泥分(0.105 mm以下)が64.4%と最も多かった。水門から離れたSt-3とSt-4は、砂分(0.105~0.25 mm)が70%以上であった。中央粒径(d_{50})はSt-2が2 mm以上、次いでSt-4, St-3となり、St-1は0.084 mmであった。泥堆積厚はSt-2が8.8 cmと最小で、次いでSt-1, St-3, St-4の順となった。

(3) 生物生息状況

各地点で目視された生物の種数・個体数を図-4に示す。自然タイドプールでは31~36種(総出現種51種)、St-1~St-4では21~29種(総出現種39種)の生物が見られた。

個体数は、自然タイドプールでは940~1516個体/1.25 m²、St-1~St-4では21~255個体/1.25 m²であった。人工

タイドプールでは、St-2が最大で139~255個体/1.25 m²であったが、自然タイドプールに比べて1/4以下であった。

主な出現種は、自然タイドプールではホンヤドカリ(甲殻綱)、タテジマイソギンチャク(その他動物)、アマオブネ(腹足綱)で、St-1~St-4ではスジエビモドキやホンヤドカリ(甲殻綱)、ヨメガカサガイ(腹足綱)であった(括弧内は図-4内での区分を示す)。人工タイドプールにおける個体数は、すべての時期でSt-2が他地点を上回った。これはヨメガカサガイ(腹足綱)、ケガキ(二枚貝綱)が周年を通して確認されたことによる。Sts-1, 3, 4では、アサリ(二枚貝綱)、アラムシロガイ(腹足綱)、テッポウエビ類(甲殻綱)といった一般に底質内に潜り浮遊生物や有機物を摂食する生物も観察された。

4. 考 察

(1) プールの生物多様性・プール間の類似性評価

各地点の生物相の多様性を(1)式に示す Shannon-Weaver の多様性指数 H' により、地点間の生物群集の類似性を(2)式に示す Sorensen の類似係数 ϕ により算出した(木元・武田, 1976)。

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i \quad \dots\dots\dots (1)$$

H' : 多様性指数, S : 総種数(種), p_i : 種 i の個体数割合

$$\phi = \frac{2c}{a+b} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ϕ : 類似係数, a, b : 種数(種), c : 共通種数(種)

類似係数の算出は、季節的变化を考慮するため年間の総出現個体数を用いた。

人工タイドプール内の多様性指数 H' (図-5) は、出現種数・個体数ともに多かったSt-2(平均2.7)が最大となり、St-1(平均2.3)が最小であった。また、自然タイドプールの多様性指数は平均3.0と、St-1~St-4の

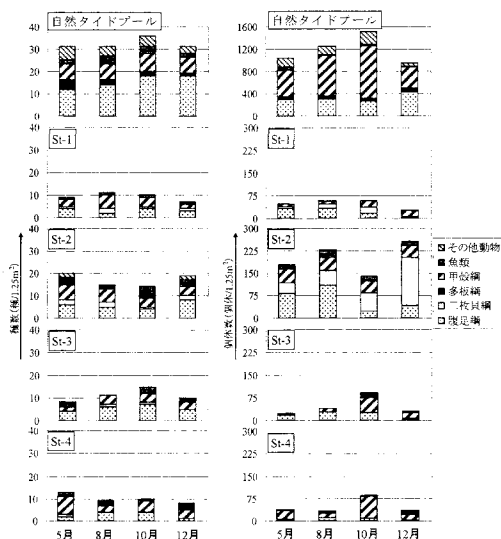


図-4 調査地点で確認された生物の種数・個体数

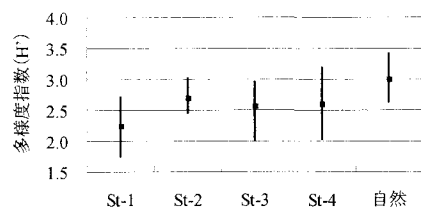


図-5 St-1~St-4, 自然タイドプールの多様性指数

表-3 各地点間の類似係数

St-1	0.34	—	—	—
St-2	0.48	0.58	—	—
St-3	0.44	0.68	0.55	—
St-4	0.41	0.78	0.63	0.73
自然	—	—	—	—

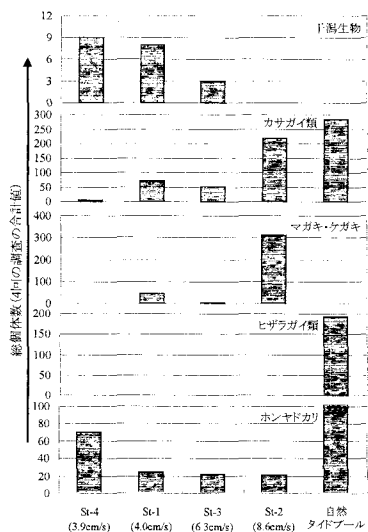


図-6 各タイドプールにおける流速と生物個体数

どの地点よりも高かった。これは、自然タイドプールの種数・個体数が年間を通して人工タイドプールよりも多く出現したことによる。さらに、自然タイドプールでは、海藻やカイメンなど被度で表現される生物も多く確認された。これを考慮すると、自然タイドプールと St-1～St-4 との間の多様性指数の差異は、さらに大きくなると考えられる。

類似係数 ϕ (表-3) は St-1～St-4 間では 0.55～0.78 (平均 0.67) で、特に St-1, St-3, St-4 間の類似係数は 0.73～0.78 と高く、類似した生物相が形成されていることが示唆された。自然タイドプールと St-1～St-4 との間の類似係数は、0.34～0.48 と人工タイドプール内に比べて低かったが、そのなかでは水門①に近い St-2 との類似性が 0.48 と最も高かった。

(2) 波浪条件と生物生息との関係

生物群集は、その場の波浪条件やその構造によりその分布傾向が異なると考えられる (例えば小笠ら, 1994)。ここでは、自然タイドプールおよび St-1～St-4 の生物群集を現地で測定された流速と比較した。

各タイドプールにおける流速と生物個体数との関係を図-6 に示す。ここでは、各地点を流速順に並び替え、縦軸の個体数は生物の季節変化を考慮して年間の合計値として示した。出現した生物のうち、近傍の片瀬漁港における調査 (藤沢市なぎさ事務所, 2005) で確認されたアサリ、および干潟表面に分布するアラムシロガイや、堆積物中に生息するイソテッポウエビ、テッポウエビの 4 種を干潟生物と定義した。このほかに、人工タイドプール内の各地点に見られたマガキ、ケガキ、自然タイドプールを含め全ての地点で見られたホンヤドカリとカサガイ類 (ウノアシガイ、アオガイ、カラマツガイ、キク

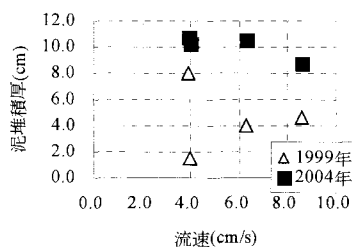


図-7 流速と泥堆積厚との関係

ノハナガイ、マツバガイ、ヨメガカサガイの 6 種)、および岩礁に見られるヒザラガイ類 (ウスヒザラガイ、クサズリガイ、ケハダヒザラガイ、ヒザラガイの 4 種) の各地点における出現傾向を比較した。

干潟生物は人工タイドプール内の Sts-1, 3, 4 に分布し、流速の大きい St-2 および自然タイドプールでは見られなかった。一方、カサガイ類は St-2 および自然タイドプールに多く分布していた。マガキ・ケガキは St-2 で多いが、自然タイドプールには確認されなかった。ヒザラガイ類は、自然タイドプールにのみ見られた。なお、ホンヤドカリの分布は流速との明確な関係は見られなかった。

人工タイドプール内の静穏な場所では、堆積物内に分布する干潟生物が見られたが、岩礁表面に分布するカサガイ類やヒザラガイ類が少なく、これらの種の分布には適していないと考えられた。干潟生物やマガキ・ケガキは、人工タイドプールが片瀬川河口に面しているので、河口部護岸や干潟より供給されたものと考えられる。

(3) タイドプール造成後の環境変遷

1999 年および 2004 年に測定された泥堆積厚と 2004 年の調査で得られた流速との関係を図-7 に示す。各調査地点で 1999 年より泥堆積厚が 2.7～8.7 cm 増加していた。また、水門に近く流速が比較的大きい St-2 では、荒天時に 8 cm/s 程度の流れが発生し、泥堆積は相対的に少なかった。この地点は、図-4 に示したように種数・個体数ともに多く、人工タイドプール内では生物の分布に適していたと考えられる。

図-6, 7 に示すように、流速が相対的に大きい St-2 から流速が小さくなるに従って、泥堆積厚が大きくなり、これに伴い干潟生物の出現量も多くなった。一般に細粒分の堆積は生物の着生を阻害するとされ (例えば沼田, 1972, 元田, 1976)、このため流速が小さく、細粒分が堆積しやすい場所は生物分布が少なかったものと推察される。

(4) 生物種の変遷

人工タイドプール (1999 年 6 月と 2004 年 5 月) および自然タイドプール (2004 年 5 月) で確認された生物を表-4 に示す。人工タイドプールの生物は、St-1～St-4 のいずれかの地点で目視されたものを示す。人工タイドプールの生物は 1999 年の 13 種から 2004 年の 30 種と、自然タ

