

# 自然再生・利用・防災機能の向上のための 都市型干潟・磯場の整備計画

PROJECT PLANNING OF THE URBAN WETLAND FOR THE  
ENHANCEMENT OF ECOSYSTEM RESTORATION, UTILIZATION,  
AND DISASTER PREVENTION FUNCTION

諸星一信<sup>1</sup>・鈴木 信昭<sup>1</sup>・今村均<sup>2</sup>・古川恵太<sup>3</sup>・亀山豊<sup>4</sup>・木村尚<sup>5</sup>  
Kazunobu MOROHOSHI, Nobuaki SUZUKI, Hitoshi IMAMURA, Keita FURUKAWA,  
Yutaka KAMEYAMA and Takashi KIMURA

<sup>1</sup>正会員 工修 国土交通省 横浜港湾空港技術調査事務所 (〒221-0053 横浜市神奈川区橋本町2-1-4)

<sup>2</sup>正会員 日本海洋コンサルタント株式会社 計画部 (〒136-0074 東京都江東区東砂7-19-31)

<sup>3</sup>正会員 工博 国土交通省 国土技術政策総合研究所 海洋環境研究室 (〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1)

<sup>4</sup> 国土交通省 港湾局 海岸・防災課 (〒100-8918 千代田区霞が関2-1-3中央合同庁舎3号館8F)

<sup>5</sup> NPO法人 海辺つくり研究会 (〒220-0023 横浜市西区平沼2-4-22-202)

A project which contributes to the enhancement of ecosystem restoration, utilization, and disaster prevention function in the urban shore by constructing a wetland was planned. Since the area was restricted spatially, a terrace type sand flats bounded by rocky shore with bulkhead was employed instead of a sloped beach type wetland. It enabled to use adjacent water surface as living port facilities. Furthermore, the terrace type structure was enhancing disaster prevention function of the seawall by a counter-weight effect. For the detail designing, dimension and material of the wetland was determined scientifically sound way based on enrichment of biodiversity. It was also paid attention on implementation of an adaptive management for public participation and utilization. After the completion, the wetland have been in a utilization and monitoring phase for checking detailed topography, sediment quality, and underground water etc. for implementation of the adaptive management.

**Key Words :** *Constructed tidal flat, Rocky shore, Project planning, Ecosystem restoration, Utilization, Disaster prevention*

## 1. はじめに

東京湾の海岸線(総延長約900km)は、港湾、運河・水路、漁港、工業・電力民間護岸が専有し、各海岸線や水面は、船舶の航行・接岸等に支障が生じるほどの水深には浅く出来ないため、海辺の自然再生(干潟、藻場、磯場)を岸沖方向に大規模に確保できる空間はほとんどない。また、市民やNPOなどが活動できるパブリック空間も少なく、さらに、防災面からは既設護岸の老朽化対策や耐震性の強度向上が求められている。つまり、大都市部における限られた海辺空間での自然環境・利用・防災面からの新たな環境整備策の検討が重要となっている。

その具体策として、港内の直立護岸の前面に柵田式の干潟<sup>1)</sup>・磯場を造成することにより、①干潟・磯場生態系の成立の実証と環境改善効果の検証、②多様な主体による活動機会の提供と海に親しむことによる環境改善意識の醸成、③護岸構造の強度の向上を目的とした、整備計画(造成規模、断面・平面形状、順応的管理<sup>2)</sup>)を配慮した基盤構造と管理体制)を検討した。

## 2. 整備目的・目標と検討方針

都市型干潟・磯場の整備目的・目標は、①狭い空間での干潟・磯場造成手法(柵田式)の開発・検証

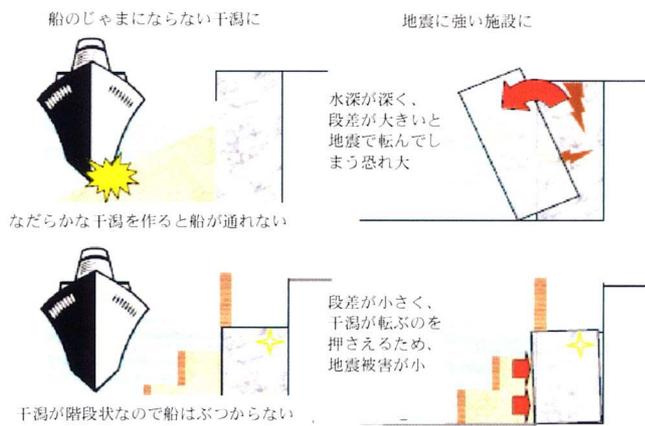


図-1 都市型干潟の特徴（利用・防災面）



図-2 計画位置

（図-1），②干潟・磯場生態系の成立の実証と環境改善効果の検証，③多様な主体による活動機会の提供と海に親しむことによる環境改善意識の醸成，④老朽護岸の強化（護岸構造の耐震性の強化）である（図-1）。これらをバランスよく調和するためには、生物生息環境としての側面，利用上の側面，港施設本来の機能（船舶の航行，停泊）の側面から，包括的・総合的な検討を行う必要がある。

### 3. 造成規模の検討

計画対象となる立地場所は、横浜港内の港奥部に位置する横浜港湾空港技術調査事務所の港内（図-2）である。老朽化した艦装棧橋（図-2の港奥部の○枠内：幅50m×奥行5m）の撤去にともない、その水域空間を活用し、干潟・磯場を整備する。

#### (1) 生物生息環境としての側面

柵田式の干潟・磯場の基盤面高さの決定に当たっては、適切な地盤高さ毎に分割区分する必要がある。その場合、1区画の最低面積は、室内干潟実験施設（幅3m×奥行8m=24m<sup>2</sup>）<sup>3)</sup>や、各地での現地干潟実験<sup>4,5)</sup>で、ベントス生物相が安定する規模の実績をみると、概ね約25～100 m<sup>2</sup>程度は必要と考えられる。よって、地盤高の区分数×25～100 m<sup>2</sup>が必要面積となる。例えば、水深別に5段階の地盤高ステージを設けると仮定すると、必要な全面積は500 m<sup>2</sup>程度となる。

#### (2) 利用上の側面

可能な限り広い空間が望まれるが、潮干狩り場での利用者密度が3～6m<sup>2</sup>/人<sup>6)</sup>であることから、仮に学級単位（50人）で同時に利用する場合を想定すると、150～300 m<sup>2</sup>の面積が必要となる。

#### (3) 港施設としての側面

港内で発生する波（荒天時：周期3sec，波長14m，

副振動：固有振動周期39sec，波長212m）と共振する場合には（波長の腹が造成干潟の位置と一致），干潟地盤面が不安定となり，また，船舶の係留にも悪影響となる。これを避けるためには，干潟・磯場の奥行き（長さ）は，共振振幅である12m，14m，26m，27mとならないように設定する必要がある。さらに，棧橋撤去後の水域は幅50m×奥行5mであり，船舶の停泊，出入港に障害がない許容範囲は，港奥から最大約20mまで（図-2の枠内）となる。

以上から，3つの側面を包括する適正な規模として，幅50m×奥行20m=1,000m<sup>2</sup>の干潟・磯場造成を目指すこととした。

### 4. 断面形状の検討

港内の潮位変化は，HWL=CDL+2m，MWL=CDL+1.15m，LWL=CDL±0mである。

#### (1) 生物生息環境としての側面

潮位変化に応じた生物相が形成されることから，可能な限り多様な地盤高さが望ましい<sup>7)</sup>。東京湾各地の自然・人工干潟（全9か所，9月調査）での干潟の地盤高さと，ベントスの種類数および個体数の関係<sup>5)</sup>を図-3に示す。また，当該湾内での調査結果（6月）を図中（★印）に示す。これより，MWL以下（+0.5m）～LWL-1m（-1.0m）にかけて，ベントスの種類数と個体数が徐々に多くなることから，この区間の地盤高さをより広くとるような断面区割りが望ましい。なお，港内での底質性状は全般にシルト分が多く軟泥性状を示し，極一部では細砂分が多い地点や硫化水素臭が認められる場所である。さらに，現存種（全40種を確認）の構成からは，新たな造成干潟に初期加入するベントス種は，多毛類（クシカギゴカイ，ミズヒキゴカイ等）と二枚貝（ホンビノスガイ，サルボウガイ，アサリ）が主体と予測される。

一方，磯場造成に関しては，東京湾各地での護岸（全12ヶ所，9月調査）の護岸水深と付着生物種お

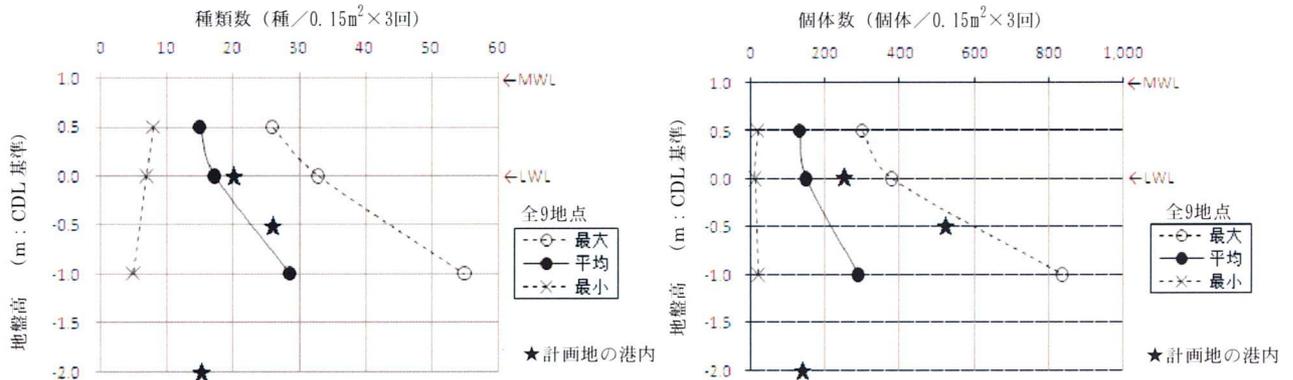


図-3 東京湾内の各干潟（全9地点）での地盤高さとベントス種類数・個体数の関係

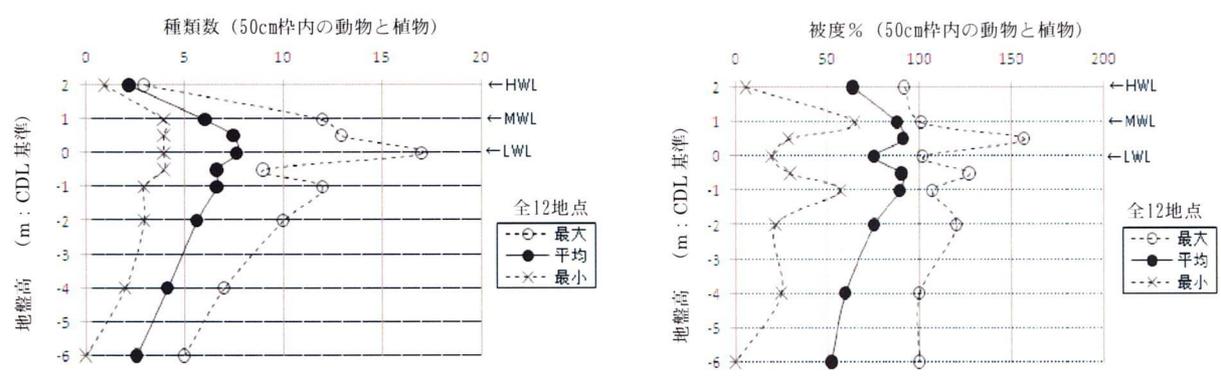


図-4 東京湾内の各護岸（全12地点）での地盤高さと付着生物の種類数・被度の関係

よび被度の関係<sup>5)</sup>を図-4に示す。これより、MWL以下 (+0.5m) ~ LWL-1m (-1.0m) にかけて、付着生物の種類数や生物の付着被度が多いことから、干潟と同様に、この区間の地盤高さをより広くとるような断面区割りとする。

(2) 利用上の側面

干出時間が長いほど利用活動時間が多くとれるので、地盤高さは高いほど良い。図-5に示すように、潮位と干出率の関係は、HWL=干出率100%、MWL=干出率50%、LWL以下=干出率0%となる。よって、生物相が豊か(多種、多量)で、かつ、利用活動も行えるための地盤高さとして、MWL: CDL+1m (干出率50%) ~ CDL+0.5m (干出率30%) の空間を広くするような区分構成とする。

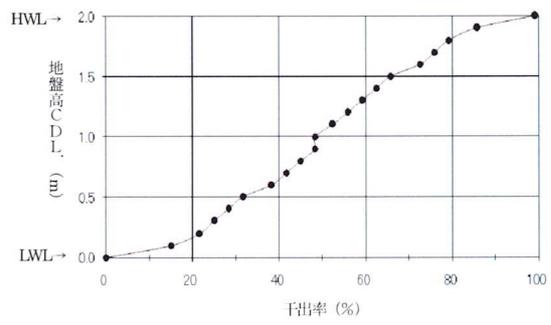


図-5 地盤高さと干出率

(3) 港施設としての側面

港内での波、流れの設定条件を表-1に示す。砂の中央粒径を細砂~粗砂 (0.2~1.0mm) とし、干潟面 (CDL+1m, +0.5m, ±0m) や浅場面 (CDL-1m) の水位変化を最小水深0m~最大水深3m (HWL時の浅場面) で変化させて検討した結果、干潟の安定性に関しては、以下のように評価された (表-2)。

a) 断面形状の勾配

レクター、スワート、砂村等の提案式<sup>6)</sup>から検討した結果、安定地形断面の勾配・後浜高さは以下のように推定された。

表-1 外力条件の設定

	T: 周期 (sec)	L: 波長 (m)	H: 波高 (m)	U: 潮流 (m/sec)
静穏時	0.1	0.02	0.0	0.0
通常時	1.0	2	0.2	0.1
荒天時	3.0	14	1.6	0.3
航走波	1.7	4.2	0.6	—

表-2 干潟の安定性の検討結果

	断面勾配		侵食・堆積	砂の挙動
	前浜	全体		
静穏時	—	—	堆積型	動かない
通常時	1/8~1/16	1/5~1/22	中間型	
荒天時	1/12~1/27		侵食型	
航走波	1/10~1/22			干潮: シートロー 満潮: 砂れん

- ・前浜勾配は、通常時に1/8～1/16、荒天時に1/12～1/27、航走波の場合に1/10～1/22.
- ・全体勾配については、通常時、荒天時、航走波いずれの場合でも1/5～1/22.
- ・後浜高さについては、通常時が5cm～11cm、荒天時が34cm～82cm、航走波の場合が10cm～27cm.

計画している断面形状は、岸沖方向20mの区間内に、階段状の柵 (CDL+1.0m, +0.5m, ±0m, -1.0m) 地盤であり、全体を平均勾配として見なすと、高低差2m/水平間隔20m=1/10の計画勾配である。干潟部のみでは約1/15勾配 (=前浜勾配) である。よって、安定地形としての前浜勾配、全体勾配の推定値 (1/5～1/27) と比較すると、計画勾配 (1/10～1/15) は、通常時～静穏時では、特に干潟部の断面形状に関しては、崩れないと推定されるが、荒天時や航走波の影響を受けた際は、断面形状が崩れることが予測される。また、砂止め潜堤や仕切り堤近傍では、局所的に砂の洗掘 (凹部) が生じることが予測され、その際は、礫や岩で一部を抑えるなどの改善策を造成後の状況に応じて講じる。

### b) 砂面の侵食・堆積傾向

砂材・堀川のCパラメーター<sup>9)</sup>にて検討した結果、計画勾配である1/10勾配では、静穏時では堆積型、通常時では中間型、荒天時や航走波を受けた場合には侵食型と推定される。

### c) 砂面上の砂の挙動

シールズ数<sup>9)</sup>から推定した結果、静穏時、通常時においては、砂はほとんど動かない。一方、荒天時や航走波の影響を受けた場合で、かつ、水深が極浅くなった時のみ砂は移動 (シートフロー状態) する。また、砂れんが発生するのは、荒天時の水深が深い時に生じることが予測される。

以上から、干潟の安定性を確認し、さらに栈橋のH杭を有効活用することも配慮した結果、図-6、図-7に示すような標準断面 (干潟、磯場) とする。干潟部は、4段階の地盤レベル、CDL+1m (=MWL) ; 奥行き4.7m, CDL+0.5m ; 奥行き5.8m, CDL±0m (=LWL) ; 奥行き5.0m, CDL±0m ~CDL-1m ; 奥行き3.6mに設定した。

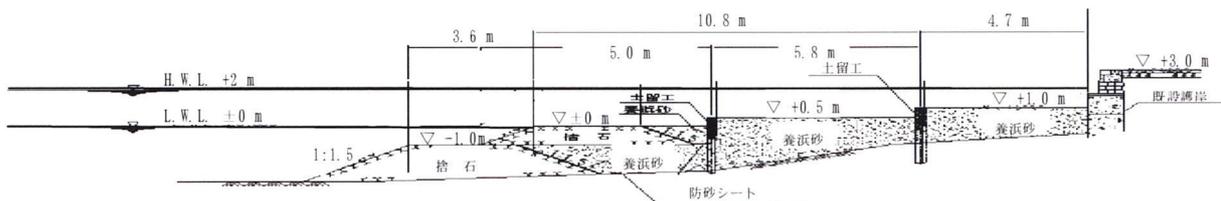


図-6 干潟部の断面 (A-A')

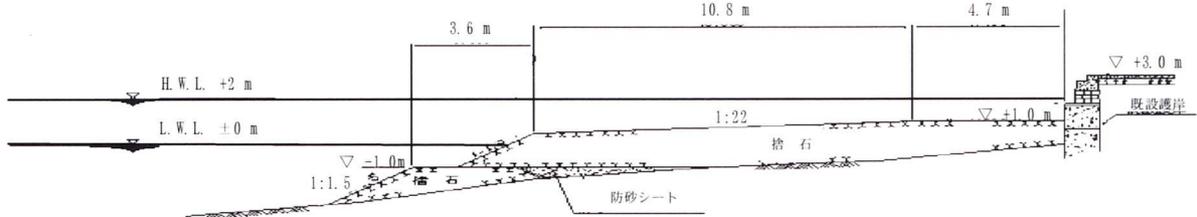


図-7 磯場部の断面 (B-B')

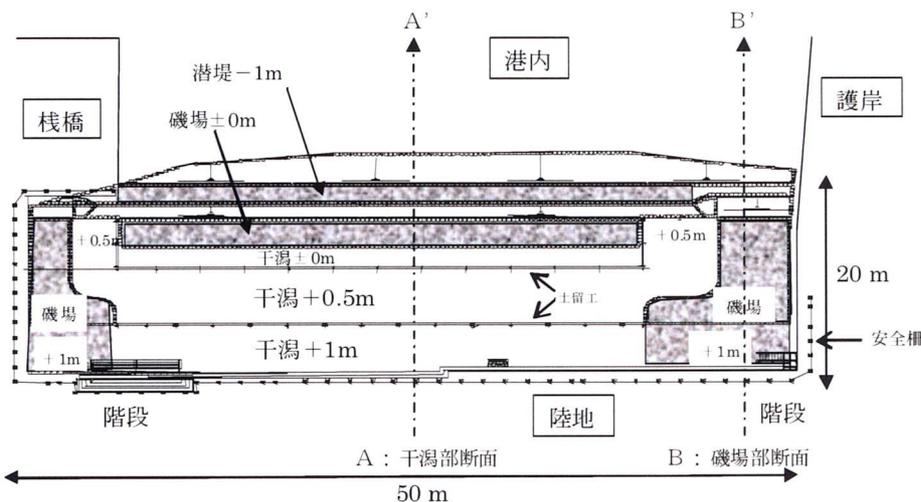


図-8 平面レイアウト図 (干潟+磯場)

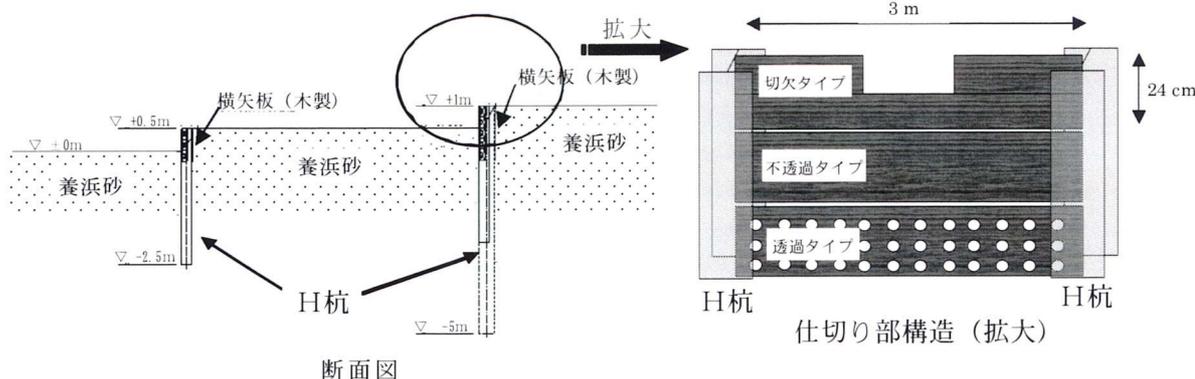


図-9 基盤仕切り部の構造

## 5. 平面形状の検討

### (1) 生物生息環境としての側面

生息場の多様性を確保するために、図-8に示すように、干潟部の両側には磯場を配置し、さらに、干潟の一部には、供用後の状況に応じて、部分的に転石や濡すじ、潮溜りなどを施すことを予定する。

### (2) 利用上の側面

磯場の場合は、付着生物による滑りや転倒、すり傷などの安全性の課題が懸念<sup>10)</sup>される。供用後の利用状況や活動団体の意見を踏まえて、問題がある場合は磯場部分の改善策（管理、利用上のルール、滑り防止マット敷設など）を検討する。

### (3) 港施設としての側面

磯場ゾーンに挟まれた開口部の安定形状については、土屋ら<sup>11)</sup>やシルベスター<sup>6)</sup>による推定式・図から検討した結果、当該海域では、開口部での円弧の曲率半径は10m程度と予測された。よって、干潟内の土砂をより安定させるために、CDL±0mの前面に磯場を、CDL-1mには潜堤を配置した。

## 6. その他の検討

### (1) 順応的管理への配慮

#### a) 地盤高さの仕切り構造

生息場の基礎部を造成した後、生物の生息状況や利用上の要望を考慮し、適時、地形（地盤高さ、濡すじや潮溜り等の微地形）、底質（泥～岩、各種材料の有効利用）、地下水環境（透過・保水性）の改変や植物（ヨシ、海草、ノリ）の移植などが行なえるような造成基盤の構造とした。

そのため、図-9に示すようにH杭（一部は、既設栈橋の残留H杭を活用）+横板（木製）スライド方式により、地盤高さ、潮溜り、濡すじなどの微地形

のレイアウトが可能な仕切り構造とした。

また、地下水位や保水性を任意に改変できるように、横板パネルの種類は、不透過、透過、切り欠きタイプ（図-9）にすることも可能である。

#### b) 基質・材質

実際に使用した養浜砂は、細砂分57%、シルト分以下が1.2%、中央粒径0.34mmの山砂（千葉県房総産）を約1,000m<sup>3</sup>投入した。また、磯場に投石した石の重さは、荒天時の波が来ても動かないように約30kg～200kg/個を使用した。生物の多様性にとっては、基質の多様性も重要な要因であるため、造成後は状況に応じて、泥～砂～岩を混在配置さ、さらに、人力でも改変が可能のように、転石の大きさは人頭大程度を使用する計画である。

### (2) 護岸構造の強化

栈橋撤去後の既設護岸の安定性について、円弧すべりに関する安定性を照査した結果、既存護岸の最小安全率は1.250であった。新たに柵田式の干潟・磯場を造成することにより、最小安全率は1.655に強化され、既存護岸に干潟・磯場を腹付けすることにより、耐震時の安全向上にも寄与すると考えられた。

### (3) 維持管理・利用活動の体制

竣工後の施設利用者に対しては、工事見学会・干潟学習会（2回、延べ120名参加）、多様な主体の参加者（公募で3団体を選定）、干潟を育てる会の結成（約270名）を行い、計画施工段階から環境改善意識の醸成の体制（図-10）づくりを進めている。

## 7. あとがき

港内や運河などの護岸前面の限られた都市型空間に柵田式の干潟・磯場を造成することにより、自然再生・利用・防災機能の向上に寄与する新たな整備計画を立案した。

本計画の検討・立案により造成工事(写真-1, 2)

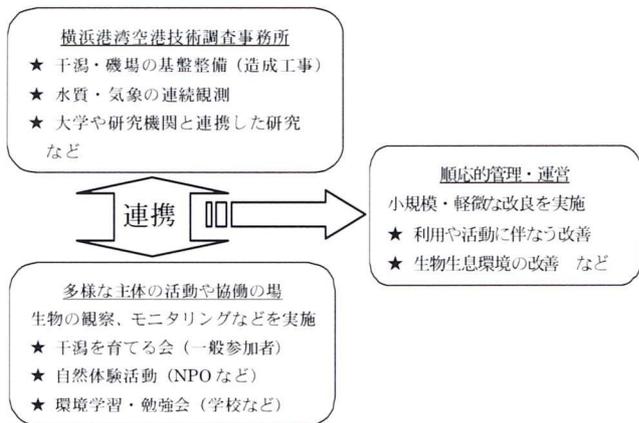


図-10 干潟・磯場利用の連携・役割分担

が実施され、2008年3月に施設が完成(写真-3)した。完成後は、造成効果の検証をおこないながら、多様な主体の参加と利用により、微地形、底質、地下水などの改善などの順応的な管理を進める計画である。

### 参考文献

- 1) 岡田知也・古川恵太：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、海洋開発論文集、第22巻、pp. 661-666, 2006.
- 2) 古川恵太, 加藤史訓, 小島治幸：特別セッション「自

- 然再生型事業－順応的管理の実現に向けて－」を終えて、海洋開発論文集、第23巻、pp. 57-62, 2007.
- 3) 桑江朝比呂：造成された干潟生態系の発達過程と自律安定性、土木学会論文集、No. 790/VII-35, pp. 25-34, 2005.
  - 4) 村上晴通・中村由行・細川真也：尼崎港人工干潟におけるアサリ定着を目指した順応的管理に関する実践的研究、海洋開発論文集、第22巻、pp. 51-56, 2006.
  - 5) 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、海洋開発論文集、第21巻、pp. 659-664, 2005.
  - 6) (社)日本マリーナ・ビーチ協会：ビーチ計画・設計マニュアル(改訂版)、pp. 60, pp. 111, pp. 114, pp. 105, 2005.
  - 7) 沼田真, 風呂田利夫：東京湾の生物誌、築地書館(株)、底生動物、pp. 45-114, 1997.
  - 8) 国土技術政策総合研究所 海岸海洋研究部 海洋環境研究室：東京湾環境マップ (Ver. 1), 2006.
  - 9) 本間仁, 堀川清司：海岸環境工学, 東京大学出版会、pp. 151-159, 1985.
  - 10) 小田勝也, 上田倫大, 内山一郎, 今村均：利用者の安全性からみた海岸施設のすべりに関する実態調査、海岸工学論文集、第52巻、pp. 1236-1240, 2005.
  - 11) 榎木亨, 出口一浪：新編 海岸工学, 共立出版(株)、pp. 169-170, 2000.



写真-1 造成工事の状況(栈橋の撤去)



写真-2 造成工事の状況(投石・砂の投入)



写真-3 干潟・磯場の完成直後の状況

