

人工干潟造成工事にもなう干潟環境の 変遷について

TRANSITION IN ENVIRONMENTAL CONDITIONS OF THE TIDAL FLAT THROUGH ITS IMPROVEMENT AND DEVELOPMENT

岡村知忠¹・中瀬浩太²・佐藤正昭³・小寺一宗³

Tomotada OKAMURA, Kota NAKASE, Masaaki SATO and Kazumune KOTERA

¹正会員 工修 五洋建設(株) 土木部門 土木本部 環境事業部 (〒112-8576 東京都文京区後楽 2-2-8)

²正会員 五洋建設(株) 土木部門 土木本部 環境事業部 (〒112-8576 東京都文京区後楽 2-2-8)

³五洋建設(株) 東京支店 (〒112-8576 東京都文京区後楽 2-2-8)

Heiwajima Tidal Flat was improved and developed by means of moving former tidal flat in August at 2003. As it was concerned that the movement had severe damage to benthos in it, we took care of their environmental condition. So, we moved surface layer of the former tidal flat to its surface. Furthermore, we had ecological and soil survey on the tidal flat several times before and after its construction. In ecological survey, it was found that the number of benthos in it has been rising and recovered former tidal flat within 6 months. In soil survey, its soil formation was becoming similar to former tidal flat. As the result, this tidal flat was becoming similar to former tidal flat.

Key Words: reclaimed tidal flat, artificial formation of tideland, environmental impacts

1. はじめに

我が国では、水産環境や親水空間の創出、あるいは埋立に伴う代償を主な目的として、今までに約2,100haの人工干潟が造成された¹⁾。近年では、沿岸域の環境創造に関連する法律が整備され(自然再生推進法, 海岸法改正など), 自然再生や環境創造を目的とした人工干潟造成が全国的に計画されつつある。

一般に、人工干潟を造成する際には、その干潟の形状維持や機能の長期持続を目的として、覆砂材料の検討や、造成後に干潟環境に関するモニタリングがおこなわれる。例えば、五日市人工干潟や金沢八景人工海浜では、造成時に環境に配慮した覆砂材料を選定したり、造成後の干潟形状や生物生息状況に関するモニタリングをおこなっている¹⁾。しかしながら、人工干潟の施工方法として、底生生物の生息環境をできる限り維持する工法を採用したという事例はあまりない。

東京都大田区に2002年8月に造成された人工干潟では、近傍にあった自然干潟をできるだけ保全することを目的として、工事前に環境モニタリングを実施した。また、そのモニタリング結果で得られた情報を元に、現地環境に配慮した施工方法を採用した。

さらに、干潟造成直後から現在に到るまで、底質や底生動物の調査を実施し、底質・底生生物の経時変化を追跡している。

ここでは、自然干潟のモニタリング結果に基づいて決定された干潟造成工事を紹介するとともに、干潟造成前後の土質環境、生物生息環境の変遷について報告する。

2. 工事概要、現地概況およびモニタリング

(1) 工事概要

人工干潟の造成は、「大森ふるさとの浜辺整備事業」(工期: 2001年10月~2004年6月)の中に位置付けられる。この事業は、東京都大田区大森東1丁目~3丁目地先の埋立を行い、人工海浜(約1.2ha)、人工干潟(約1.0ha)、魚釣り堤および人工磯等を建設するものである。人工干潟については、明治時代に設置された波除堤(図-1 参照。以降、既設波除堤)の周囲にできあがった約1haの干潟(以降、自然干潟)の土砂を、約100m東側(図-2 参照。1.0ha)に移設することにより造成する設計となっている。人工干潟の勾配は1/15~1/20で、干潟周囲の静穏性を保つことおよび、貧酸素水の流入や土砂の流出を防止する目的で、人工干潟および人工海浜の周囲に砂

止め堤や潜堤を配置することとなっている（図-3）。

(2) 現地概況

a) 水質

人工干潟の造成地点は東京港奥部に位置し、海域

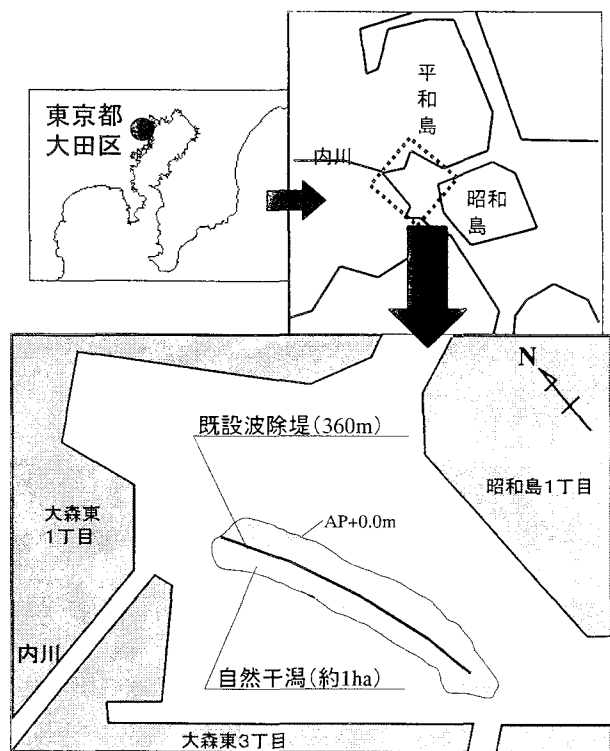


図-1 現地位置図

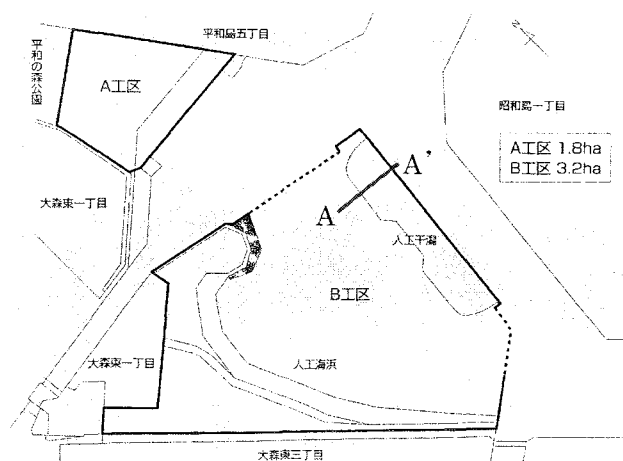


図-2 完成平面図

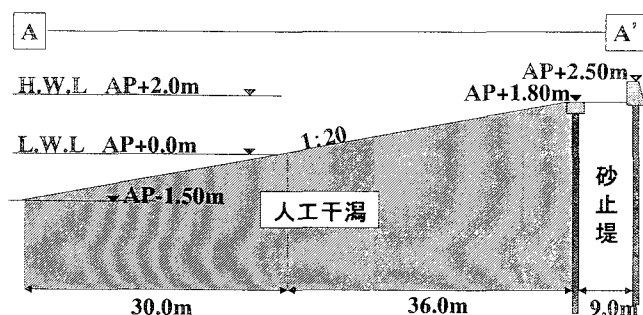


図-3 人工干潟断面模式図

C 類型に指定されている。また、近傍に下水処理場があり、大雨時には下水の放流により生活排水が流入するため、水質環境の変化が大きい場所と言える。東京都環境局²⁾は、人工干潟造成場所の近傍に位置する「内川河口」（大田区昭和島 1-1 地先）地点で DO、COD 等の水質調査を実施している。当地点の 1998～2001 年度における DO、COD の調査結果を図-4 に示す。底層 DO は、夏季に環境基準値 (2.0mg/l 以上) を下回ることがある。また、表層の COD が、環境基準値 (8.0mg/l 以下) を超過することがある。現地の水質は年間を通して大きく増減し、特に夏季において悪化する傾向が見られる。

b) 自然干潟の生物生息状況

東京都大田区大森地先には、波浪を低減するために明治時代に設置された波除堤（以降、既設波除堤）の周囲に、土砂や周辺のガス工場より排出されたコークス殻（シリカゲル）が堆積し、自然干潟が形成されていた。大田区の調査報告³⁾によると、この自然干潟の底質には、ゴカイ (*Neanthes japonica*) ドロクダムシ属 (*Corophium* sp.) の生息が、またコークス殻自体にタテジマフジツボ (*Balanus improvisus*) やマガキ (*Crassostrea gigas*) の付着が確認され、コークス殻の存在が干潟部の生物多様性の拡大に寄与していると見受けられた。また、調査報告ではシギ、チドリなどの鳥類の来訪も見られており、自然干潟が鳥類の休み場や餌場としての機能も果たしていることが確認された。

(3) モニタリング

a) 目的

モニタリングは、施工前及び施工後に実施した。施工前モニタリングは、自然干潟の保護すべき層厚や生物生息に適した粒度組成を明らかにすることを目的として、自然干潟の底生生物生息状況と現地底質の粒度組成との関係、および鉛直方向の底質状況を調査した。施工後モニタリングは、造成した干潟の底生生物の生息・加入状況の観察、並びに干潟

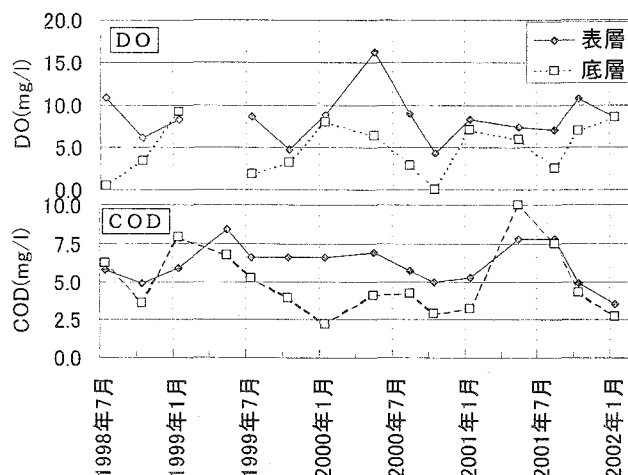


図-4 現地近傍地点の水質状況⁽²⁾より作成)

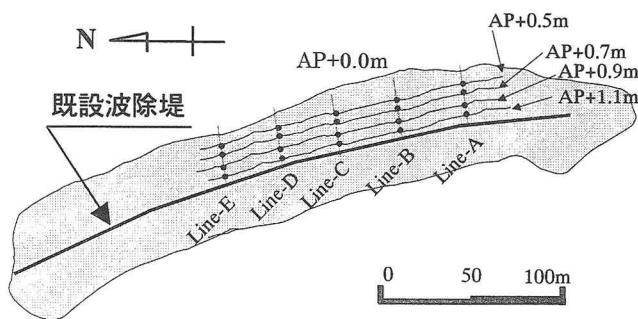


図-5 自然干潟調査地点位置図

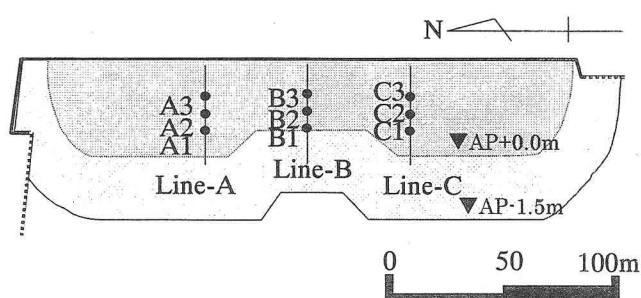


図-6 人工干潟調査地点位置図

の沈下や変形、波浪による浸食状況の把握を目的として実施した。

b) 施工前モニタリング

2002年4月3日、既設波除堤の周囲に形成される自然干潟の東側の5測線において、各測線のAP+0.5, 0.7, 0.9, 1.1mの4地盤高についてモニタリングを実施した(図-5)。調査項目は、底生生物調査、底質の粒度分析である。底生生物調査は、各調査地点の底質を、エクマンバージ採泥器(15cm×15cm×10cm)により採泥し、1mmメッシュのふるいでふるい分けた後、残存生物の種類別個体数および湿重量を分析した。底質の粒度分析は、ふるいわけ試験により実施した。また、図-5のLine-B,EのAP+1.1m地点では、鉛直3深度(表層、中層:表層から0.5m,下層:表層から1.0m)についても底生生物調査および底質粒度分析をおこなった。

c) 施工後モニタリング

2002年9月より2004年1月にかけて、造成した人工干潟の底生生物の生息・加入状況の観察、並びに干潟の沈下や変形、波浪による浸食状況の把握を目的としたモニタリングを計7回実施した。調査地点は人工干潟内の3測線において各3地点設置した(図-6)。調査項目は、b)と同様の底生生物調査、底質の粒度分析に加えて、各測線における地盤高測量および2地点(A3,C3)における底質含有量試験(全窒素、全リン、COD、硫化物)である。2004年1月には、A3地点にある粘土塊の粒度組成および一軸圧縮強さの試験を実施した。



図-7 自然干潟概況(2002年4月3日撮影)

表-1 自然干潟で確認された底生動物
(湿重量の割合の多い10種)

綱	学名	割合(%)
多毛類	コカイ <i>Neanthes japonica</i>	8.4%
	アジガコカイ <i>Neanthes succinea</i>	4.3%
	イトガイ科 <i>Heteromastus</i> sp.	2.4%
	オイケコカイ <i>Lycastopsis augeneri</i>	1.0%
二枚貝	コウロシヅカハリガイ <i>Xenostrobus securis</i>	50.7%
	アサリ <i>Ruditapes philippinarum</i>	19.8%
	外利ガイ <i>Laternula limicola</i>	5.4%
	ホトキスカイ <i>Musculista senhousia</i>	4.6%
その他	タマギカイ <i>Littorina brevicula</i>	2.0%
	テジマイソキンチャク <i>Haliphanella lineata</i>	0.3%

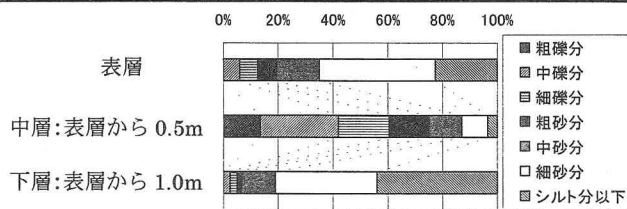


図-8 自然干潟の鉛直方向の粒度組成

3. モニタリング結果と干潟移設方法の決定

(1) 移設前モニタリング結果

自然干潟は、コークス殻が砂質土の表面および内部に散在している景観であった(図-7)。しかし、干潟の地形や底質は均一ではなく、生物の分布や干潟の勾配には相違が見られた。そこで、調査地点は生物の多く分布する区域において設定した。

自然干潟は二枚貝と多毛類が湿重量の主要となる生物相(表-1)が形成されていることが確認され

た。また、鉛直方向には表層から約0.3m以浅に底生生物が生息していることが確認された。底生生物の湿重量が大きい地点の底質の粒度組成は、シルト分以下が15~20%程度、砂分が40~50%程度で構成されていた。鉛直方向の粒度組成は、シルト分以下が20%程度の表層、礫分が50%を超える中層、シルト分以下が40%以上となる下層の、計3層より構成されていること(図-8)が確認された。

(2) 干潟移設工法の決定

自然干潟の現況および施工前モニタリングの結果より、自然干潟の底生生物の生息環境に配慮した移設工法を提案した。

①自然干潟の底生生物の生息場をできるかぎり乱さないため、自然干潟の表層約 0.2~0.5mを人工干潟の表層に移設し、中層・底層は表層の下に移設した。

②人工干潟は約 1.0ha と自然干潟の干潟機能を有すると見られる面積より広く、底生生物生息に適した表層面積が不足した。このため、人工干潟の一部の表層については、礫分の多い中層とシルト分以下の多い下層の底質とを混合し、シルト分以下が 20%前後となるようにした後に移設した。

③干潟表層の一時仮置き期間を短くするため①、②の移設サイクルを短期間で実施した。

①~③に留意した移設工法（図-9）は、2002 年 5 月に開催された工事連絡会において了承され、5 月より 8 月において実施された⁵⁾。

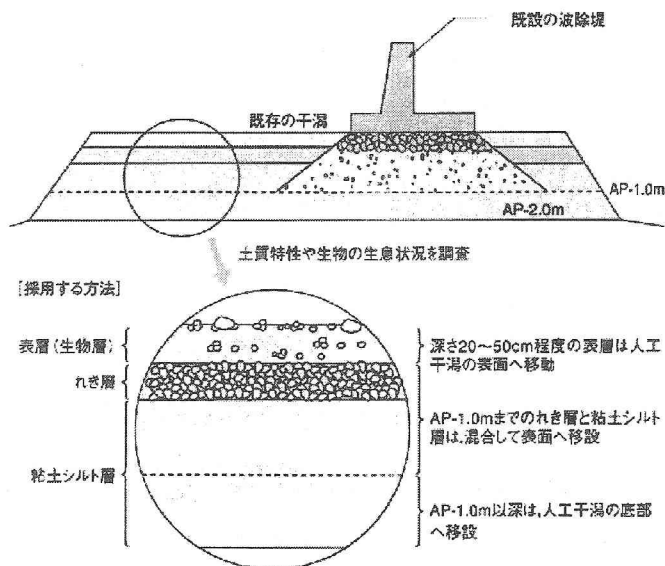


図-9 生物に配慮した干潟移設工法 4)

(3) 事後モニタリング

人工干潟の表層は、コークス殻が散在する自然干潟の表層を移設することにより、自然干潟と類似した景観となっていた（図-10）。底生生物は、自然干潟で確認されたアサリ（*Ruditapes philippinarum*）やアシナガゴカイ（*Neanthes succinea*）を含む9種が確認された。移設から8ヶ月後の2003年3月には、表-2に示した多毛類と二枚貝が湿重量の主要となる生物群集が観測され、2002年4月の自然干潟調査時の生物相に近づいていることが確認された。底生生物の現存量は、潮間帯に近い3地点（A1、B1、C1）で多く、各地点の表層の粒度組成は、細砂分が40~70%程度、シルト分以下が3~15%程度（図-11）であった。A1、B1の2地点では、自然干潟の表層部に類似した粒度組成が再現されていた。

底生生物の種数は、移設直前の2002年4月には27種が移設直後の2002年9月には9種まで減少したものの、2003年3月には31種に増加した（図-9）。鳥類の飛来については、自然干潟で見られたシギ、チドリなどが人工干潟周辺にも見られており、鳥類全体の種数は移設前の2001年8・9月（24種）と移設後の2002年8・9月（29種）との間で大きな変化は見られない³⁾。



図-10 人工干潟概況(2002年9月20日撮影)

表-2 人工干潟で確認された主な底生動物
(湿重量の割合の多い 10 種)

綱	学名	割合 (%)
多毛類	スピオ科 <i>Polydora</i> sp.	25.8%
	アシナガゴカイ <i>Neanthes succinea</i>	19.4%
	ヤマトスピオ <i>Prionospio (Minuspio) japonica</i>	8.7%
	ホミサンバ <i>Eteone longa</i>	3.9%
	アサリ <i>Ruditapes philippinarum</i>	18.7%
二枚貝	イソシミ <i>Nuttallia japonica</i>	5.3%
	ホトキスガイ <i>Musculista senhousia</i>	3.5%
	カミカイ <i>Phacosoma japonicum</i>	3.2%
	イトリガイ <i>Laternula (Exolaternula) marilina</i>	2.9%
甲殻類	ニッポントロコエビ <i>Grandierella japonica</i>	3.1%

4. 考察

(1) 干潟造成前後の干潟環境の変遷について

造成された人工干潟は、環境に配慮した干潟移設工事を適用することにより、景観や土質環境、生物生息の点で、自然干潟と類似していると見られた。ここでは、干潟移設前後の各干潟環境の変遷を生物多様性および生物相の類似性という視点から検証した。生物多様性は、Shannon-Weaverの方法⁶⁾ (1)

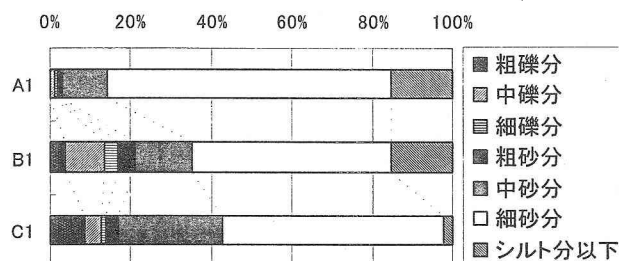


図-11 人工干潟の粒度組成 (3 地点)

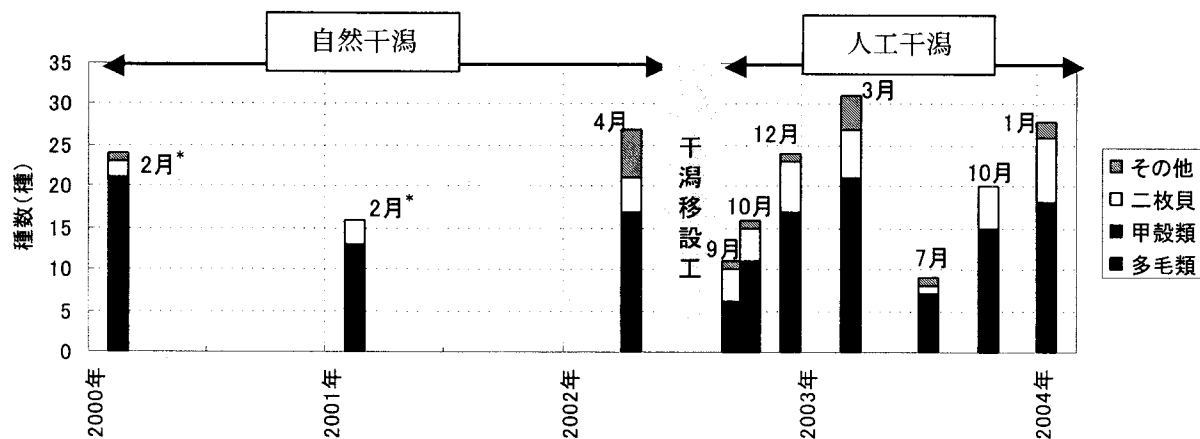


図-12 自然・人工干潟の種数の推移 (*は調査報告³⁾より)

$$H'(S) = -\sum (n_i/N) \log_s (n_i/N) \dots (1)$$

$H'(S)$: 多様性指数, n_i : 種別個体数, N : 総個体数, S : 総種類数

により, 移設前および移設後(2002年9月~2004年1月)の多様性指数を算出した。

類似度は, 自然干潟の調査結果(2002年4月)と人工干潟の調査結果(2002年~2004年1月の計7回)との間に関する類似性について, 群集間の比較によく用いられる Jaccard の共通種数⁶⁾(2)

$$CC = \frac{c}{a+b-c} \dots (2)$$

ここに,

CC: Jaccard 指数, a, b : 種数(種), c : 共通種数(種)

により評価した。算定結果を図-13に示す。

これより, 多様性指数は季節変化により大きく増減するものの, 自然干潟と同程度以上となっており, 干潟移設による多様性の低下は今のところ見受けられなかった。また, 両干潟間の Jaccard 指数は, 移設直後は 0.20 程度だったが, 2004年1月では 0.45 まで上昇し, 元の自然干潟との類似性が次第に高くなりつつあるという算出結果が得られた。

(2) 近傍の干潟との間の類似性の比較

平和島人工干潟の近傍には, 土砂の堆積により形成された自然干潟(城南大橋, 森ヶ崎の鼻など)が点在している(図-14)。そのうち, 城南大橋, 森ヶ崎の鼻の2干潟は, 東京都環境局により例年2回(春季と秋季)の底生生物調査が実施されている。ここでは, 平和島人工干潟と近傍の2自然干潟(城南大橋, 森ヶ崎の鼻)において, 春季と秋季の生物多様性を Shannon-Weaver 式により算出した。また, 平和島人工干潟と上記2干潟との類似性を, Jaccard 指数により検証した。ここで, 各干潟の生物現存量の入力情報として, 自然干潟については東京都環境局の調査結果⁷⁾を, 平和島人工干潟につ

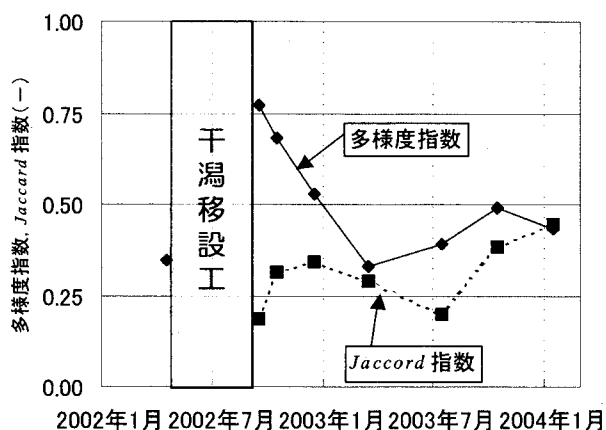


図-13 多様性・類似度の経時変化

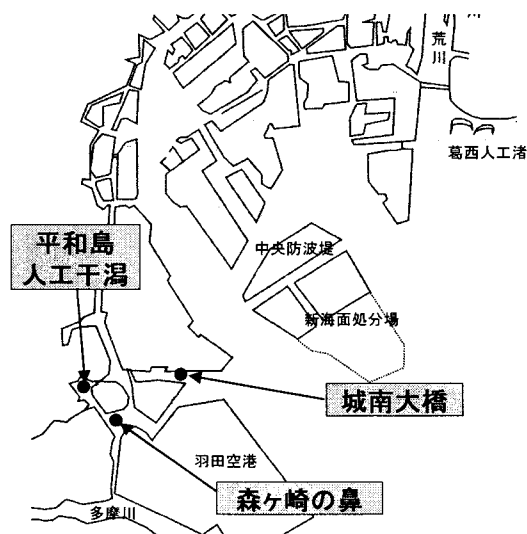


図-14 自然・人工干潟位置図

いては 2003 年 3 月(春季), 10 月(秋季)の調査結果を使用した。

各干潟の生物生息状況および類似度の算定結果を表-3に示す。これより, 3つの干潟はいずれも多毛類中心の生物相で, 春季から秋季にかけて種数が減少するという共通点が見られる。また, 平和島人工干潟との間の類似性の点では, 森ヶ崎の鼻の方が城

表-3 各干潟の生物生息状況・多様度・平和島干潟との類似度（*は東京都環境局⁷⁾より作成）

地点	季節	種数 (種)	個体数 (個体/m ²)	湿重量 (g/m ²)	主要動物 (個体数の多かった3種)	平和島人工干潟 との類似度
平和島 人工干潟	春	31	4545	29.3	<i>Polydora</i> sp., ヤマトスヒオ, アシナガゴカイ	-
	秋	20	3479	271.3	<i>Pseudopolydora</i> sp., ゴカイ, <i>Polydora</i> sp.	-
城南大橋*	春	9	2133	45.0	<i>Pseudopolydora</i> sp., ヤマトスヒオ, <i>Glycera</i> sp.	0.18
	秋	8	230	67.1	ゴカイ, アサリ, サシバゴカイ科	0.18
森ヶ崎 の鼻*	春	16	7717	111.9	ドロケムシ属, イトゴカイ科, <i>Polydora</i> sp.	0.31
	秋	11	4800	193.1	イトゴカイ科, ゴカイ, ニホンドロソコエビ	0.38

南大橋よりも近いという計算結果が得られた。

（3）人工干潟の地盤の安定性

一般に、人工干潟は自然干潟に比べて急峻な勾配で設計されることが多く、また材料として水分を豊富に含む浚渫土が利用されることが多いため、造成後短期間のうちに、圧密や波浪の影響等により沈下や勾配の変化が起こりやすいとされている¹⁾。

平和島の人工干潟は、勾配は1/20～1/15と自然干潟に比べて急峻に設計されているものの、造成から18ヶ月以上を経過した現在においても、大きな沈下や勾配の変化は確認されていない。この要因として、干潟造成地点周辺は湾奥部に位置し、かつ周囲を波除堤および潜堤で囲われているため非常に静穏な海域であること、および自然干潟内部の底質がグラブ船にて移設されたため、人工干潟の底質がある程度の強度を有する状態で維持されたことの2点が考えられる。干潟の底質については、2004年1月に人工干潟のA3地点で確認された土塊を土質試験（粒度分析、一軸圧縮強度）に供した。この結果、底質は砂分含有率が56%、粘土含有率が17%と砂分を多く含む粒度組成であること、不攪乱状態での一軸圧縮強さ(q_u)は43.22kN/m²あり、超湿地ブルドーザーの走行や人の歩行も可能となる程度のトラフィカビリティを有することが確認された。この人工干潟の形状が今のところ安定しているのは、こうした海域の静穏性や底質の性状に起因していると推察される。

5. まとめ

本論では、大田区における人工干潟造成工事の中で、環境に配慮した施工方法を施工前に実施したモニタリング結果から決定したことを紹介するとともに、干潟造成直後から現在に到るまでの干潟環境の変遷について報告した。また、人工干潟と元あった干潟、および周辺の自然干潟との間の比較を、生物多様性・類似性という観点から考察した。

その結果、人工干潟は移設直後においても底生生物の生息が確認され、移設後約6ヶ月に底生生物種数が同程度にまで回復した。また、粒度組成についても、ほぼ自然干潟と同様の傾向が保持されていることを確認した。さらに、生物の類似性という点で、元の自然干潟に類似した干潟となりつつあるということが推察された。

干潟は気象や海況により、形状・機能が絶えず変わってゆくものである。今後もモニタリング調査を継続し、この干潟環境の変遷を引き続き追跡してゆく予定としている。

謝辞：現地調査に際しまして、多大なご協力を頂いた大田区北地域行政センターまちなみ整備課の方々に深く感謝いたします。

参考文献

1) 海の自然再生ハンドブック その計画・技術・実践 - 第2巻 干潟編 (2003) : 榊ようせい。
2) 東京都環境局 (1998~2002) : 平成10年度～13年度 公共用水域水質測定結果。
3) 大田区 (2000～2003) : 平成11～14年度 平和島運河 環境調査報告書、大田区。
4) 日経BP社 (2002) : 特集・住民参加で変わる役割分担 現場と研究部門が連携して生物が生息しやすい干潟を提案、日経コンストラクション 2002.6.28, pp.52-55。
5) 里見ら(2004) : 大森ふるさとの浜辺整備事業-事業実施と合意形成のプロセス-, 海洋開発論文集, 土木学会, vol.20(投稿中)。
6) 木元新作, 武田博清 (1989), 群集生態学入門, 共立出版(株)。
7) 東京都環境局 (2003), 平成13年度 水生生物調査 結果報告書, 東京都環境局 環境評価部。