

大都市沿岸に再生された干潟・海浜の 生物群集の評価

BENTHIC COMMUNITY ASSESSMENT IN THE RECLAIMED TIDAL FLAT AND BEACH AT THE URBAN SEASIDE AREA

岡村知忠¹・中瀬浩太²・里見勇³・藤澤康文⁴・木村賢史⁵

Tomotada OKAMURA, Kota NAKASE, Isamu SATOMI,
Yasubumi FUJISAWA and Kenshi KIMURA

¹正会員 修(工) 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正会員 大田区 北地域行政センター まちなみ整備課 (〒143-0015 東京都大田区大森西1-21-1)

⁴大田区 まちづくり推進部 まちづくり課 (〒144-8621 東京都大田区蒲田5-13-14)

⁵正会員 工博 東海大学海洋学部水産学科 (〒424-8610 静岡県静岡市清水折戸3-20-1)

The Heiwajima Tidal Flat was replaced and developed in Omori Hometown Shore Project in August at 2002, and ecological and soil survey have been conducted. Heiwajima Beach was constructed in June at 2004. As the beach and tidal flat have different soil property, it was considered that the species of benthos would be different. So, we conducted ecological and soil survey on the tidal flat and the beach in September at 2004. Furthermore, we compare this tidal flat with some other tidal flat near Tokyo Port on the soil and ecological characteristics. It was found that the species of benthos in the Heiwajima beach was similar to that in Heiwajima tidal flat and some tidal flat in Port of Tokyo Port. As the result of this survey, it is suggested that benthos in replaced and developed tidal flat becomes similar to that in tidal flat nearby within a few years.

Key Words: reclaimed tidal flat, beach, benthic community, environmental impact

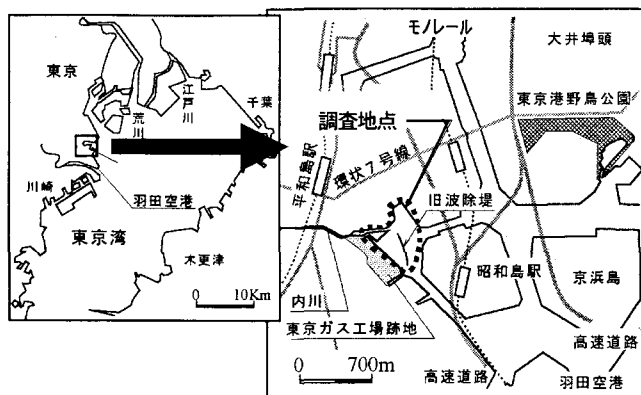
1. はじめに

沿岸の自然再生が叫ばれる昨今において、臨海部に干潟・海浜といった自然環境を復元・再生することが急務となっている。こうして再生された自然環境は、その環境が有する機能を長期にわたって持続することが重要であり、そのためには整備直後から環境モニタリングを継続的に実施しつつ、必要に応じて順応的に管理する必要がある。

このような順応的管理は、大阪南港野鳥園や東京港野鳥公園などにおいて市民活動の一環としておこなわれているものの、実際に自然再生事業が行なわれる前に予め完成後の環境変化予測や順応的管理計画が立てられたという事例は少ない。この理由として、再生された環境において生物群集がどのようなプロセスで加入、定着し変

化するのかを詳細に検討することが難しいことが挙げられる。一方、近年では風呂田¹⁾ (2000) や粕谷ら²⁾ (2003) などにより、底生生物が浮遊幼生段階に沿岸域を広く移動しているという知見が得られつつある。今後、自然再生を考える場合には、対象とされる場所を単に生物生息・環境修復の場としてとらえるのではなく、沿岸域における生物再生産の拠点として、周辺環境とのつながりを考えることが重要である。

そこで本研究では、再生された干潟の順応的管理計画を立案する際の生物相の変化および周辺環境との関連性を明確化することを目的として、東京都大田区に造成された平和島人工干潟・人工海浜(以降、人工干潟・人工海浜)のモニタリング調査を実施し、生物相の推移を追跡した。また、この人工干潟・人工海浜と東京港内の臨海部に位置する干潟・海浜との間の生物群集の共通性・



図一 調査地点位置図

類似性を算定し、沿岸部における生物群集の関連性を評価した。

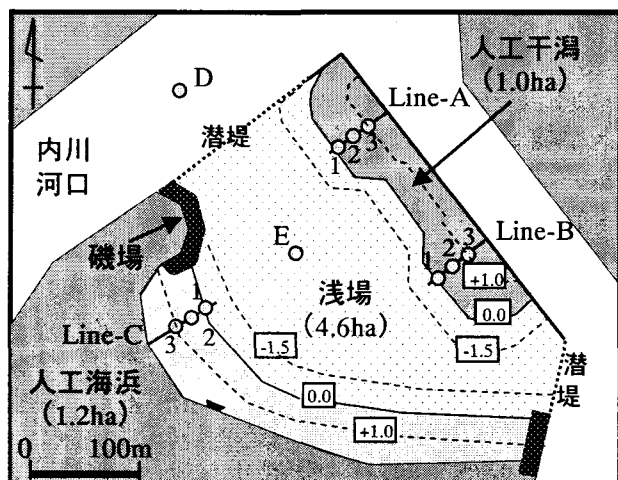
2. 現地周辺概況およびモニタリング方法

(1) 現地周辺環境

人工干潟・人工海浜が造成された場所は、東京湾奥の臨海部に位置しており、周囲を昭和島・平和島に囲まれ、閉鎖性の高い地点となっている（図一）。現地海域の水質類型は海域C類型に指定され、多摩川や内川からの生活排水を含む淡水が流入する地点である。さらに、近傍の森ヶ崎水再生センターより放流される処理水等が、上げ潮時に拡散することも観測されている³⁾。

(2) 人工干潟・人工海浜

現在、供用に向けて緑地等を整備中の「大森ふるさとの浜辺整備事業」では、避難場所と公園面積の確保を目的として、人工干潟（1.0ha）、人工海浜（1.2ha）、浅場（4.6ha）を造成した（図二）。このうち人工干潟は、明治時代に作られた波除堤の周囲に土砂が自然に堆積してできた干潟を、底生生物に配慮した工法により移設した^{4) 5)}。また、その対岸の人工海浜は、山砂（千葉県君津産、 $D_{50} = 0.34\text{mm}$ ）を覆砂することにより造成した。



○は調査地点、□内の数字は地盤高（AP表示）を示す
H.W.L.: AP+2.0m, M.W.L.: AP+1.0m, L.W.L.: AP+0.0m

図二 人工干潟・人工海浜と調査測線・地点

このため、人工干潟・人工海浜は施工時期、底質材料が異なっている。人工干潟・人工海浜の緒元を表一に示す。

人工干潟と人工海浜の間には、水深AP-1.5m以浅の浅場が設けられている。これら干潟・海浜・浅場は、2ヶ所の潜堤によってのみ京浜運河と接しており、外部の波浪を直接受けにくい構造となっている。

(3) モニタリング調査

人工干潟は、2002年8月に完成し、その直後の2002年9月より継続してモニタリング調査を実施している。また2004年6月に完成した人工海浜・浅場では、完成3ヶ月後の2004年9月に調査をおこなった。

モニタリング調査で設定した観測測線および調査地点を図二に示す。人工干潟に2本（Line-A,B）、人工海浜に1本（Line-C）引いた3測線について、地形変化、底質（粒度・強熱減量）、ベントスの採集（エクマンバージ採泥器、15cm×15cm×10cm、1地点2回採取）をおこなった。なお、ベントスの調査は採集分析の他に目視調査（地盤高別に汀線に沿って歩き、そこで観察された生物を記録）を実施した。また、各水質調査地点において、調査時水面下より0.5mピッチで水温・塩分・DOを計測器（MODEL30, MODEL55, YSIナノテック社製）にて測定した。

3. 調査結果と考察

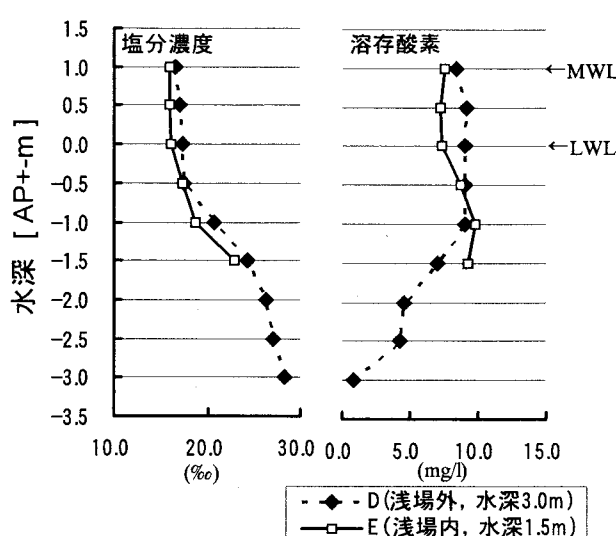
(1) 現地周辺海域の水質状況

あ海域の水質が悪化する9月に実施した水質調査では、浅場に位置する地点E（海底部水深AP-1.5m）で、塩分濃度は表層で16.0‰、底層で22.9‰と鉛直方向に7%近くの濃度差が見られ、DOは表層で7.2mg/l、底層で9.3mg/lであった（図三）。また、浅場外の運河に位置する地点D（海底部水深AP-3.5m）においても、塩分濃度は表層16.5‰、底層28.3‰で、表層と海底部との間

表一 人工干潟、人工海浜・浅場の諸元

	人工干潟	人工海浜・浅場
完成時期	2002年9月	2004年6月
規模（AP+0.0m以上）	1.0ha	1.2ha
計画勾配	1/15～1/20	1/20
一礫分	1.3	5.6
粒度組成*（%）		
一砂分	89.5	89.0
一シル分以下	9.2	5.4
中央粒径（mm）*	0.16	0.34
強熱減量（%）*	3.8	0.94
調査回数（2004年9月迄）	9回	1回

*2004年9月調査結果（調査地点平均値）



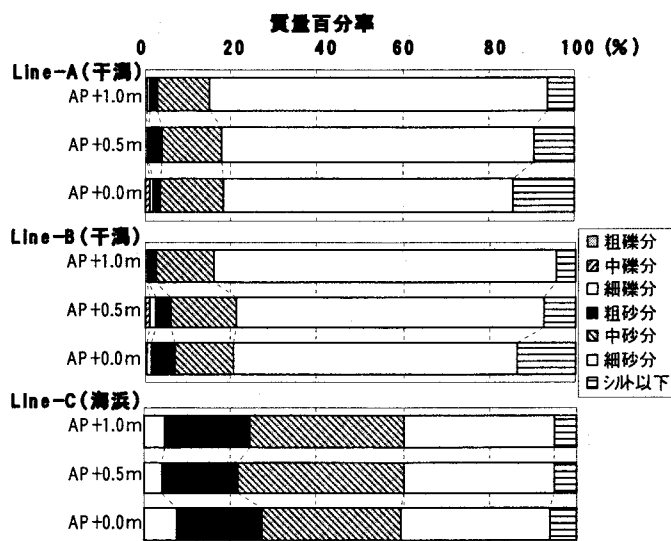
図一3 現地周辺地点の塩分濃度と溶存酸素
(2004年9月調査時)

で大きな濃度差が観測された。地点DのDOは表層では地点Eと同程度の8.5mg/lであったが、海底部では0.9mg/lと、生物生息にとって必要とされる2mg/lを切っていた。

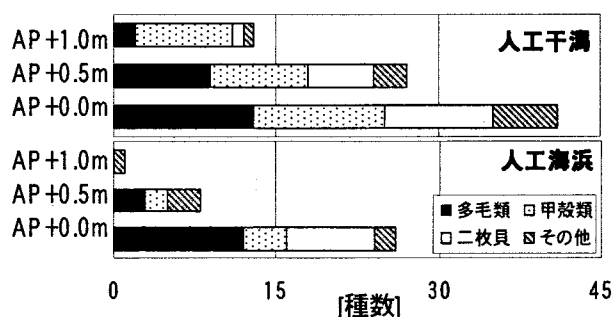
これより、当該海域では、水深が深くなるにつれてDOが急激に減少するが、A.P.-1.5mに海底のある浅場内の地点Eでは海底付近でも生物生息可能なDOが維持されていることが確認できた。

(2) 人工干潟・人工海浜の底質状況

現地発生土の移設により造成した人工干潟では、底質の組成はすべての地点で細砂分66~79%，シルト分以下4~13%，中央粒径は0.16mmであった。一方、山砂覆砂により造成した人工海浜では、人工干潟よりも粒径が粗く、粗砂分~中砂分が60%以上、シルト分以下5~6%，中央粒径0.34mmであった。強熱減量は人工干潟が3.2~4.8%，人工海浜で0.5~1.5%であった(表一1、図一4)。シルト分以下、強熱減量は地盤高が低くなるほど高く



図一4 人工干潟・海浜の粒度組成



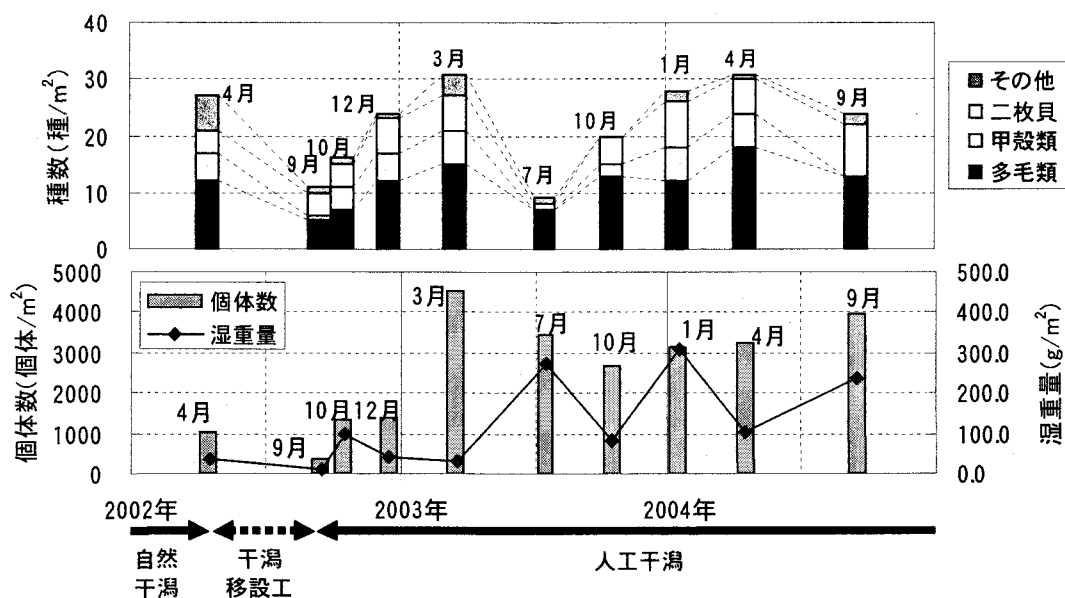
図一5 各地盤高で目視された生物種数

なった。これは、海域で生産された有機物が地盤高の低い地点に多く堆積したことによると推察された。

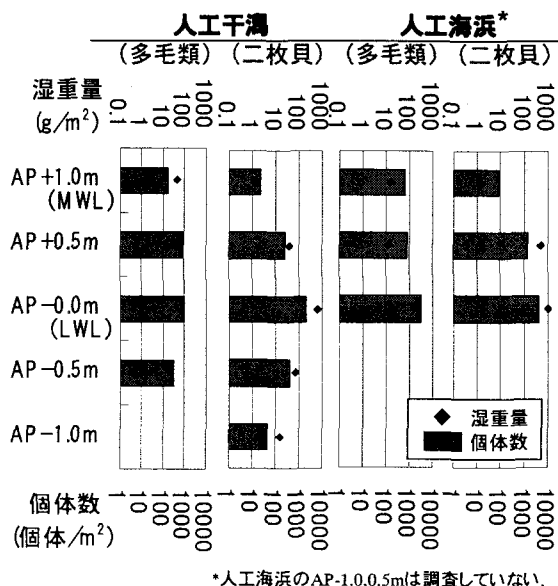
(3) 人工干潟・人工海浜で見られた底生生物

a) 目視調査

人工干潟では49種、人工海浜では29種の底生生物が目視された。人工干潟・海浜に共通して確認された種はア



図一6 人工干潟の生物現存量(種数、個体数、湿重量)の時系列変化



図一七 多毛類・二枚貝の地盤高別出現状況

シナゴゴカイ (*Neanthes succinea*), ケフサイソガニ (*Hemigrapsus penicillatus*) などの20種であった。

各地盤高で目視された生物種数(図一五)は、干潟・海浜共にL.W.L.に当たるAP.+0.0mで最も多かった。また種数は、すべての地盤高で人工干潟が人工海浜より多くなった。これは、人工干潟は人工海浜よりも粒径が小さく保水性が維持されやすいため、湿潤状況を好む多毛類等の動物が幅広い地盤高に分布したためと推察される。

b) 採集調査

人工干潟の底生生物(全地点平均値、図一六)は、移設直後の2002年9月には9種、湿重量10.4g/m²と移設前(27種、34.9g/m²)より減少したが、2004年9月には21種、238.9g/m²と、季節変動を考慮しても移設前と同水準にまで回復し、自然干潟表層を移設した効果が確認された。

人工海浜では、アサリ (*Ruditapes philippinarum*) やゴカイ (*Neanthes japonica*) を含む21種、259.5g/m²が確認され、人工干潟との共通種は17種であった。干潟・海浜共に最も湿重量の大きい生物はアサリで、141.0g/m²、208.6g/m²であった。

地盤高別出現状況(図一七)では、二枚貝は干潟・海浜ともにL.W.L.に当るAP.+0.0mで現存量(個体数・湿重量)が最大であった。多毛類は、干潟ではL.W.L.より高い地点で最大となり、底質の粒度組成の違いにより、分布が異なることが推察された。

(4) 人工干潟・人工海浜における生物群集の比較

人工干潟の表面には岩石が散在し、ケフサイソガニ等の隠れ家として機能している⁴⁾。一方、人工海浜は、表面全体が一様に山砂覆砂されており、底質粒度が人工干潟より粗い。

こうした底質状況の違いがあるにもかかわらず、2004年9月の調査では、人工海浜は人工干潟と共通する種の割合が高く、目視調査で69%、採集調査で81%であった。一方で、人工海浜で出現した生物の湿重量は、

アサリは人工干潟の1.5倍、多毛類全体は0.5倍と、出現状況に違いが見られた。

これより、造成された人工干潟・人工海浜に出現する生物種組成を決定する要因として、造成された場の近くに生息する生物やその浮遊幼生の存在、底質の粒度や岩の存在等が関連することが示唆された。

4. 臨海部の干潟・海浜との生物群集の評価

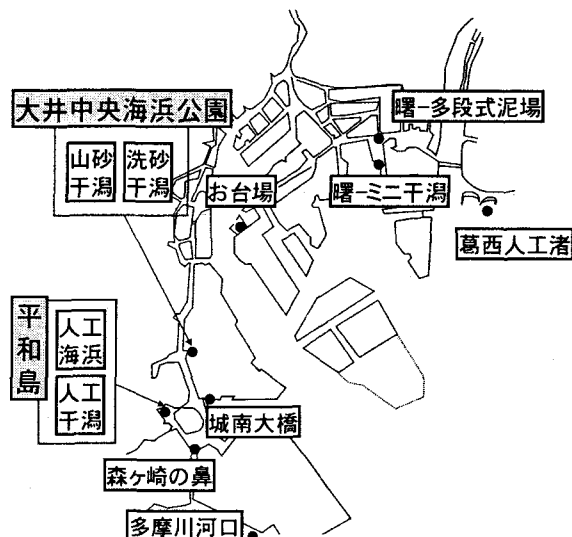
(1) 本研究における評価の考え方と評価方法

本研究では、平和島人工干潟・海浜に形成された生物相と、東京湾内各地の干潟・海浜等における既存調査による生物群集とを比較し、生物群集あるいは種の供給源があるか、立地条件によって生物群集が類型化できるかについて、類似度や種の共通度を指標に評価した。ここでは、採集調査結果に基づく評価に加えて、採集の困難な動物(カニ類やアナジャコ等)についても評価するため、目視による調査結果も併用した。

(2) 使用したデータ

評価対象として、目視調査結果は7地点、採集調査結果は10地点のデータを収集した(図一八、表一三)。目視調査結果は、東京都環境局の報告書(2001, 2002)⁶⁾、2001年春の多摩川河口の調査結果⁷⁾を使用した。採集調査結果は、東京都の報告書(2004)⁸⁾及び、各地点での調査結果^{9), 10)}を使用した。

調査結果はできる限り同じ季節・同じ地盤高のデータを収集し、1m²当りの現存量として再計算した。なお、調査毎に同定の詳細度が異なるため、一部について底生生物をグループ別(科、属など)に整理した。また、採集調査結果は内在性の底生生物の評価とするため、付着性の動物(マガキ、コウロエンカワヒバリガイ等付着性二枚貝、およびフジツボ類)を除外した。



図一八 生物群集評価の対象地点

表—2 本研究で収集したデータ一覧

地点	所在地	干潟・海浜の概要	調査内容		調査月 (採集/目視)	調査 地盤高	採集地点の 底質粒度組成(%)			生物生息状況				参考 資料
			調査 区画	調査 目視			全 砂	全 泥	シルト分以下	種類 (種/m ²)	個体数 (個体/m ²)	湿重量 (g/m ²)	主要生物 (100個体/m ² 以上の生物, 最大2種)	
平和島 (人工干潟)	大田区大森東1-3丁目	自然干潟の土砂を移設して造成(2002年).	○	○	9月/9月	AP+0.5m	2	90	8	14	3590	34.6	イトゴカイ科(<i>Capitellidae</i>), アサリ	
平和島 (人工海浜)	大田区大森東1-3丁目	埋立地前面に山砂を覆砂して造成(2004年).	○	○	9月/9月		4	91	5	11	2360	486.0	アサリ, ゴカイ	
人工渚	葛西海浜公園	荒川, 旧江戸川河口近くに浚渫砂泥を投入して造成(東なぎさ, 1983年度).	○	○	9月/5月	AP+0.7m	0	96	4	2	44	0.6	— *	6) 8)
お台場	お台場海浜公園 東南側砂浜	隅田川河口に位置する海浜公園内に作られた人工砂浜	○	○	9月/5月		1	94	5	15	2740	86.9	アサリ, シオフキガイ	
城南大橋	東京港野島公園前	運河予定地に自然に形成された干潟.	○	○	9月/5月		0	86	4	4	381	4.0	スピオ科(<i>Pseudopolydora</i> , sp.)	
森ヶ崎の鼻	大田区昭和島南	東京国際空港と昭和島, 京浜島に囲まれ, 干潮時に露出する.	○	○	9月/5月		0	90	10	6	237	6.0	ゴカイ	
大井 (山砂)	大井埠頭 中央海浜公園	1999年に造成された人工干潟. 底質に山砂を使用.	○		8月/—	中潮帯	1	93	6	10	973	82.7	ゴカイ, イトゴカイ(<i>Capitella capitata</i>)	9)
大井 (洗砂)	大井埠頭 中央海浜公園	1999年に造成された人工干潟. 底質に洗砂(洗浄により細粒分除去)を使用.	○		8月/—		3	94	3	12	1060	66.1	ゴカイ	
曙運河 (多段式)	江東区あけぼの 水門取付堤付近	貯木場に配置した鋼製箱に浚渫土砂を投入して造成(2000年).	○		8月/—	AP+1.0m	1	34	65	2	10700	292.0	デチュウカイミドリガニ, アシナガゴカイ	10)
曙運河 (三干潟)	江東区曙北運河 砂潮橋付近	既存石積み護岸の一部を掘り下げ, 浚渫土砂を投入して造成(2000年).	○		8月/—		0	11	89	8	417	0.0	<i>Notomastus</i> 属	
多摩川河口	川崎市川崎区 大師橋下流部	大師橋の下流部 (調査地区名: 多摩京1)		○	一/夏	—							アサリ, ゴカイ等を含む75種 (目視調査のため, 主要生物は不明)	7)

* 9月の人工渚の底生生物は例年2~11種で推移している

(3) 評価方法
目視調査に基づく生物群集間の共通性評価についてはJaccardの共通種数¹¹⁾

$$CC = \frac{c}{a + b - c}$$

ここに,

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

出現種別個体数の類似性はKimotoの方法¹¹⁾

$$C\pi = \frac{2 \sum (n_{ij} \cdot n_{2i})}{(\sum \pi_i^2 + \sum \pi_2^2) N_1 \cdot N_2}$$

ここに,

$$\sum \pi_i^2 = \frac{\sum (n_i)^2}{N_1^2} \quad \sum \pi_2^2 = \frac{\sum (n_2)^2}{N_2^2}$$

$C\pi$: 類似度,

N_1 : 地点1における総個体数 N_2 : 地点2における総個体数

n_{1i} : 地点1での種別個体数, n_2 : 地点2での種別個体数

を使用した。

(4) 評価結果

人工干潟で目視された底生動物は49種で, 自然干潟の多摩川河口(75種)より少ないものの人工渚・お台場・城南大橋(27~45種)と同程度であった。複数地点に確認された主な底生生物を表—3に示す。目視調査ではコメツキガニやユビナガホンヤドカリなどが, 採集調査ではゴカイやアサリなどが複数地点で見られた。

目視結果より算定したJaccardの共通係数(CC)は, 人工干潟とお台場・城南大橋・多摩川河口との間で0.3以上(図—9)となり, 人工干潟と近傍の干潟・海浜との間で生物群集同士の共通性が示された。

Kimotoの類似度($C\pi$)は, 人工干潟と城南大橋, 人工海浜とお台場との間で0.6以上(図—10)となった。

また, 葛西人工渚以外の地点では, 周辺の干潟・海浜間が0.2以上で結ばれた。

(5) 考察

本研究において, 東京港周辺に見られた底生生物はどの場所でもほぼ共通したものであった。これより, 東京港内ではどの場所でも同様の生物相を形成するポテンシャルがあり, この種の中でその場の環境に適応したものが優占的に増加していると考えられる。

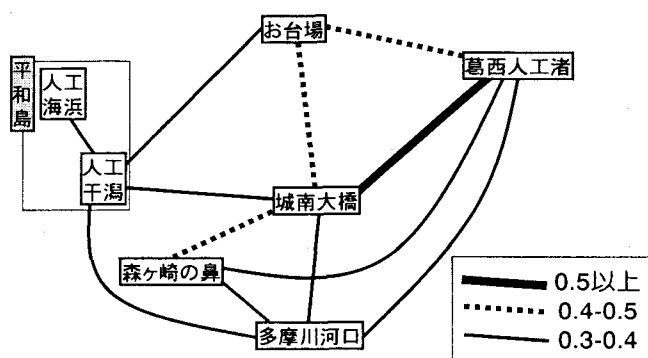
また, 京浜運河で結ばれている平和島・お台場・城南大橋・森ヶ崎の鼻・大井中央海浜公園の生物相の類似性が高かった。これらの場所では, 淡水の影響が大きく, かつ波浪の影響が少なく内部負荷も大きいため底質中に細粒分が堆積しやすいという状況が共通している。

これらの地点の海底では, 夏季に貧酸素化の傾向が見られるため, 底生生物の生息にとって必ずしも良好な環境にあるとは言えない。しかしながら, L.W.L.付近にはアサリやホトトギスガイ, シオフキガイなどの懸濁物食者を中心とする生物群集が複数地点で確認されている。

表—3 複数地点で共通して確認された主な底生生物

目視調査		城南大橋	森ヶ崎	人工渚	お台場	平和島海浜	平和島干潟	多摩川河口
種 名								
Capitella属—	Capitella sp.	○	○	○	○	○	○	○
スピオ科	Pseudopolydora sp.	○	○	○	○	○	○	○
正ナガホントカ	Pagurus dubius	○	○	○	○	○	○	○
コメツキガニ	Scopimera elobosa	○	○	○	○	○	○	○
シオフキガイ	Macra veneriformis	○	○	○	○	○	○	○
ホトトスガイ	Musculista senhousia	○	○	○	○	○	○	○
アサリ	Ruditapes philippinarum	○	○	○	○	○	○	○

採集調査		平和島干潟	平和島海浜	大井（山砂）	大井（洗砂）	人工渚	お台場	城南大橋	森ヶ崎の鼻	曙三干潟	曙多段式
種 名											
ゴカイ	Neanthes japonica	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ホトトスガイ	Musculista senhousia	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
アシナガゴカイ	Neanthes succinea	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
(スピオ科)	Pseudopolydora sp.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
シオフキガイ	Macra veneriformis	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
アサリ	Ruditapes philippinarum	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ヤマトシオ	Prionospio (Miyurino) japonica	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○



図—9 目視調査による共通係数（CC）の地点間関係図

したがって、大森ふるさとの浜辺のように貧酸素化しにくい浅場を確保し、適度な海水交換がなされる場を創出することは、アサリ等の水産資源の確保や水質浄化、潮干狩りや干潟観察などの環境教育の場の提供に寄与する可能性もある。

本研究では、東京港内の生物群集間の共通性・類似性を算定し、その群集間の関連性を示すことができた。しかしながら、浮遊幼生の供給源の解明や立地条件による生物群集の類型化には至らなかった。これは、調査時期・調査地盤高・種同定の詳細さ等の異なる現地調査結果を統合して評価したため、生物群集を比較する際の整合性に不確実さがあったことに起因する。今後、自然再生の対象とされる場所に期待される生物相を予測する、あるいは干潟における有効な順応的管理計画を立案する場合には、予め一貫性ある方法で現地調査を広範囲かつ定期的におこなわれること、その結果が幅広く公開されることが重要と考えられる。

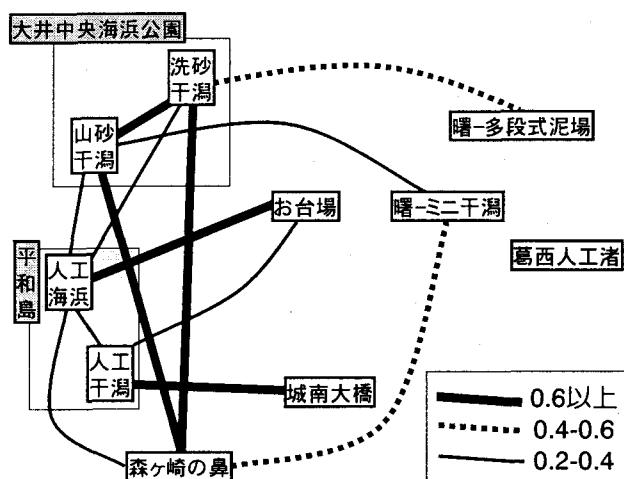
5. まとめ

本研究では、再生された干潟の順応的管理計画を立案する際の生物相の変化および周辺環境との関連性を明確とすることを目的として、平和島に造成された人工干潟・人工海浜の生物相の推移を追跡した。また、この干潟・海浜の生物相と臨海部に位置する干潟・海浜との間の生物群集の共通性・類似性を検討した。

この結果、造成された人工干潟では、2002年9月以降底生生物が継続して観察され、ここ1年間は20種以上が安定してみられた。また人工海浜は、造成後3ヶ月で人工干潟とはほぼ同種の生物相が確認された。

この人工干潟・人工海浜は、広大な自然の残る河口干潟である多摩川河口に比べて種数は少ないものの、人工渚・お台場・城南大橋といった東京湾奥の沿岸部に位置する干潟・海浜と同程度であった。また、出現生物の共通性や生物群集の類似性という観点からも既存の干潟・海浜との間で結びつきが示された。

今後、新たに干潟や海浜を再生する際には、その沿岸



図一10 採集調査による類似度 (C₁) の地点間関係図

の干潟・海浜における底質環境や生物生息状況を把握することにより、将来その場に形成される生物群集を事前にある程度予測することが可能となると考えられる。

参考文献

- 1) 風呂田利夫：内湾の貝類，絶滅と保全-東京湾のウミニナ類衰退からの考察-，月刊海洋号外 No.20, 74-82, 2000.
- 2) 粕谷智之，浜口昌己，古川恵太，日向博之：周期東京湾におけるアサリ浮遊幼生の出現密度の時空間変動，国土技術政策総合研究所研究報告，No.12, 2003.
- 3) 牧秀明，樋渡武彦，越川海，木幡邦男，浦川秀敏，渡辺正孝，安藤晴夫，川井利雄，高橋正浩：東京湾京浜運河における水域調査，第 39 回水環境学会年会講演集，pp.15, 2005.
- 4) 里見勇，藤澤康文，五十嵐美穂：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，第 20 巻，pp.299-304, 2004.
- 5) 岡村知忠，中瀬浩太，佐藤正昭，小寺一宗：人工干潟造成工事にもとまう干潟環境の変遷について，海洋開発論文集，第 20 巻，pp.419-424, 2004.
- 6) 東京都環境局：平成 11,12 年度 水生生物調査結果報告書，東京都環境局，2001・2002.
- 7) 河川環境データベース（河川水辺の国勢調査）：<http://www3.river.go.jp>.
- 8) 東京都環境局：平成 14 年度 水生生物調査結果報告書，東京都環境局，2004.
- 9) 木村賢史，市村康，坂巻隆史，西村修，稲盛悠平，木幡邦男，須藤隆一：人工干潟における水質浄化機能に関する解析，海岸工学講演集，Vol. 49, pp.1306-1310, 2002.
- 10) 岡村知忠，田中ゆう子，岩本裕之，鈴木秀男，中瀬浩太：湾奥における生物と共生する護岸の開発，海洋開発論文集，第 19 巻，pp.291-296, 2003.
- 11) 木元新作，武田博清：群集生態学入門，共立出版(株)，1989.