

多様な目的を有する環境共生型護岸の整備効果 と官民協働による維持管理方策に関する研究

HABITAT REHABILITATION ON ENVIRONMENTAL SYMBIOSIS TYPE OF
SEAWALL AND ITS MAINTENANCE EXPERIENCES UNDER
PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP

森田健二¹・渡部昌治²・古川恵太³・今村均⁴・亀山豊⁵・諸星一信⁶

Kenji MORITA, Masaharu WATANABE, Keita FURUKAWA,
Hitoshi IMAMURA, Yutaka KAMEYAMA and Kazunobu MOROHOSHI

¹ 正会員 都市型干潟の賢い使い方研究チーム代表

² 関東地方整備局横浜港湾空港技術調査事務所環境課 (〒221-0053 横浜市神奈川区橋本町 2-1-4)

³ 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)

⁴ 正会員 日本海洋コンサルタント株式会社 技術本部 (〒136-0074 東京都江東区東砂 7-19-31)

⁵ 関東地方整備局企画部(〒330-9724 埼玉県さいたま市中央区新都心 2-1)

⁶ 正会員 博(工) (財)港湾空間高度化環境研究センター(〒108-0022 東京都港区海岸 3-26-1)

Yokohama Port and Airport Technology Investigation Office, MLIT, constructed the stair type of tidal flat along its existing seawall. With cooperation among civic groups, research institutes and the Government, field survey was conducted for the restoration process of benthic habitat system, on the tidal flat. New partnership between public and private sectors was also introduced for its monitoring and maintenance.

Up to one year after the construction, structural as well as morphological stability was observed. Fast rehabilitation process was also monitored for the benthic ecosystem. Furthermore, it was confirmed that the field survey and tender care under the public-private partnership was effective and beneficial for the adaptive management at the initial stage after construction.

Key Words : Stair type of tidal flat, restoration process of benthic habitat system, partnership between public and private sectors, adaptive management

1. はじめに

国土交通省横浜港湾空港技術調査事務所(以下、横浜技調)は、老朽化護岸の耐震性強化や港湾の水域利用等と両立した東京湾の環境再生手法実証のための現地実証試験を2008年2月から開始した。

実証試験のために築造された施設は、図-1の通り階段構造を有する干潟・磯場(「潮彩の渚」と命

名)であり、沿岸方向50m、岸沖方向20mの範囲に、干潟面高さCDL±0m, +0.5m, +1.0mの階段状(3段)の砂質干潟とそれを取り巻く磯場を配置した構造である¹⁾。階段状の構造とした理由は、東京湾岸の老朽化した護岸等の構造物の強度増加や、船舶の水域利用とを調和させながら環境再生を実現するため、限られた岸沖方向の延長の中で多様な水深を有する干潟環境の再生を指向したためである。なおこうした考え方の下での階段構造の干潟・浅場造成例は筆者らの知る限り他に例を見ないものである。

2. 実証試験の概要と目的

こうした新しい構造の整備効果および維持管理方策を検討するために実証試験を行った。実験は、横浜技調、国土技術政策総合研究所(以下、国総研)、公募で選定された市民団体(「都市型干潟の賢い使い

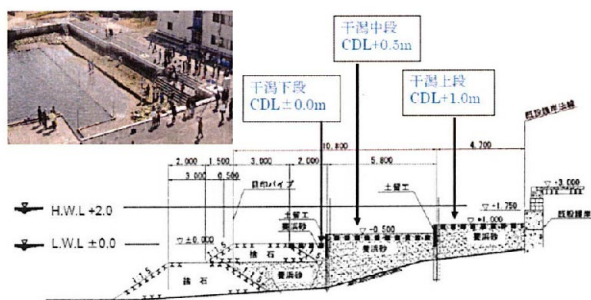


図-1 実験施設の断面構造

方研究チーム)等による官民協働体制で、水底質や生物調査等を行った(詳細は3.に記述)。その具体の検討項目は以下の通りである。

- ① 荒天時波浪や航走波による階段構造の安定性
通常は静穏であるが、荒天時や航走波の影響を受けるため、干潟面の沈下や陥没等がないか確認する。
- ② 干潟生物環境として階段構造の有効性
自然の干潟と異なり緩やかな勾配を有しない階段状干潟構造の干潟生物生息環境としての特性を把握し、自然再生の手段としての有効性を検証する。
- ③ 造成された干潟・磯場で的人為的な維持管理の必要性和効果

潮彩の渚が立地する横浜港奥部に必要な維持管理方式として、干潟底質への酸素供給や表面硬化対策につながる干潟耕耘を試行し、効性を検証する。

- ④ 順応的管理に向けた官学民協働調査の有効性
官で実施する通常の干潟調査は、四季に一回程度が一般的であり、その内容は詳細かつ精度の高いものである²⁾。一方、専門的な知識や機材を有しない市民でも行える簡便なモニタリングは、精度が犠牲になるものの、より頻繁に実施することができ、詳細な現場の観察が可能であることから、官民の調査結果を総合的に分析することで、より正確な現象の把握・解明への可能性を検証するとともに、市民調査の順応的管理への適用可能性についても検討する。

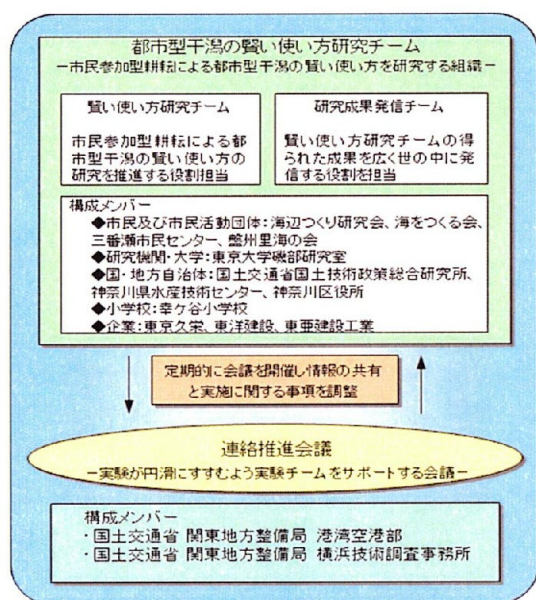


図-2 市民調査と官側の連携状況

3. 調査の内容

(1) 市民調査

調査主体である「都市型干潟の賢い使い方研究チーム」は、図-2の通り様々な団体から構成されており、官側と緊密に連携しながら調査を行っている。

本調査では「誰でも出来る」をコンセプトにした市民モニタリング調査(表-1)と、維持管理(干潟

耕耘、写真-1)を実施した。

表-1 実施項目一覧表

活動内容	実施主体	項目	方法
市民モニタリング調査	市民団体	標高・地形	レベルによる水準測量、写真撮影
		底質	外観(粒径・色調)、写真撮影
		底生生物	臭気、泥温、硬度
		魚介類	Φ17cm・2mmメッシュザルによる採取、代表種のソーティング、秤量
維持管理	市民団体	干潟耕耘	鍬等による表層10cm耕耘(浅い耕耘)(1回/1ヶ月) スコップによる表層30cm耕耘(深い耕耘)(1回/3ヶ月)
		干潟観測	水温、クロロフィル、DO、水位、波高(機器による毎時観測)
連続観測	国総研	水質	水温、クロロフィル、DO、水位、波高(機器による毎時観測)
定期モニタリング	横浜技調	定量調査	水底質、底生生物(四季)

a) 市民モニタリング調査

「誰でも出来る」モニタリングの象徴として、底生生物調査にはステンレス製のザル(家庭で調理等に使用するもの)を用いてサンプリングし、同定は主要種にとどめ、アサリ、シオフキ、ホトトギスガイ、ホンピノスガイの個体数及び湿重量を調査した(写真-1)。サンプリングは、図-3のA1~3, B1~3, C1~6の中央部で各1カ所ずつ実施した。



写真-1 耕耘状況と各調査手法

干潟耕耘の効果を測定するためには干潟面の硬度を図る必要があり、測定には山中式土壌硬度計が用いられることが多い。しかしながら、価格が高く(約6万円/台)正確に測定するには機器操作の習熟が必要であり、「誰でも出来る」とは言えないため、いくつかの手法を試行した結果、金尺(日用品店等で購入可能な長さ50cmのもの)に常に1mの高さから落下させられるよう高さ決定用の紐をつけ、刺さった深さを直接読み取る手法を採用した(写真-1)。土壌硬度計との相関係数を検定実験した結果、相関係数0.90となったため、金尺落下法により、誰でも安価で簡便に、ある程度の測定精度を保ちながら、干潟の硬度を計測することができた。

その他、ペットボトルを干潟に貫入(写真-1)させる手法により底質の酸化還元状態を観察した。

b) 維持管理

干潟耕耘効果の検証のため、実験エリアを耕耘を行う区域と行わない区域に分け、図-3に示す区域(A1~3)では、鍬等を用いた浅い耕耘(深さ10cm程度)を月1回、区域(B1~3)ではスコップを用いた深い耕耘(深さ30cm程度)を3カ月に1回実施した。

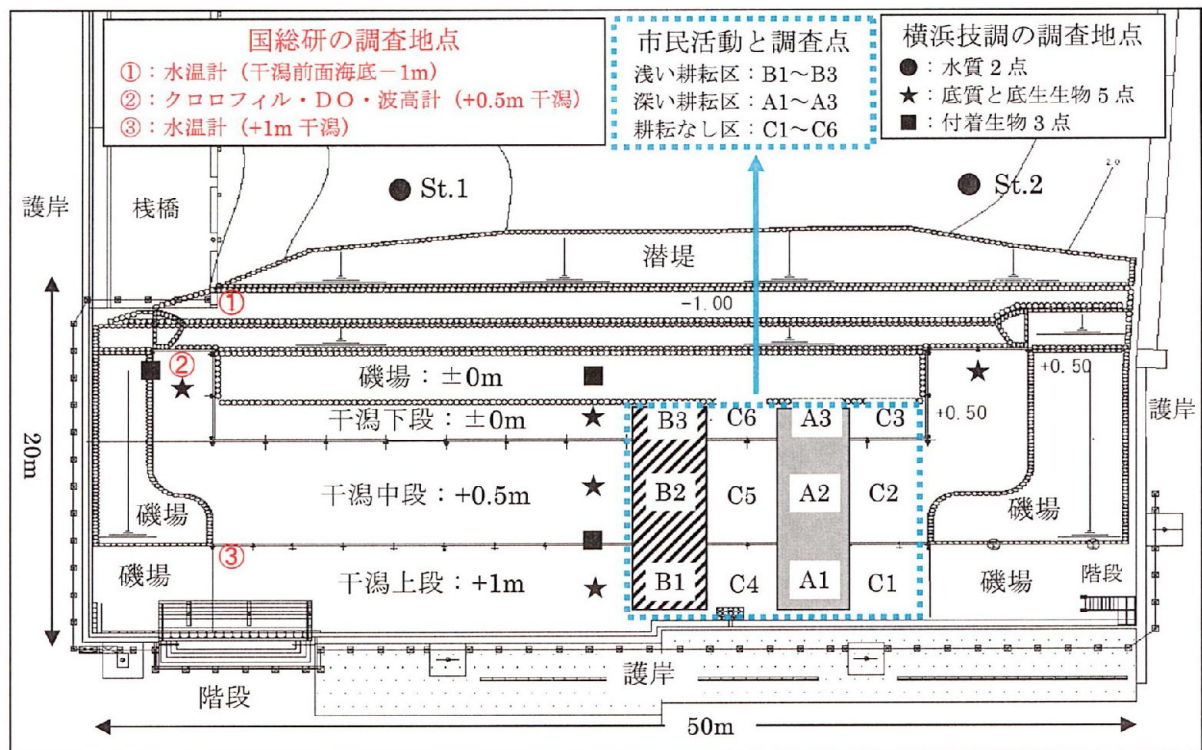


図-3 市民活動エリアと市民・横浜技調・国総研の各調査地点

(2) 横浜技調による調査

横浜技調は、水・底質調査（水温、塩分、D0、有機物量、クロロフィル等）、底生生物調査、付着生物調査を四季毎（平成20年6月、9月、11月、平成21年2月）に実施した（図-3）。なお、築造前の調査を平成19年6月に築造予定海域で実施した。

(3) 国総研による調査

国総研は、平成20年6月20日～平成21年1月20日まで外力・水塊構造の連続観測を実施した（図-3）。

4. 調査結果

(1) 市民団体調査

a) 地形・標高測量

測量結果を図-4に示す。干潟地盤変動は一部を除き最大で毎月5～10cm程度であり大きな変動は生じなかった。

b) 底質

目視観測によれば干潟表層部分は、概ね好気的環境が保たれ、還元層の発生はごく限定的であった。図-5は、干潟硬度の経時事変化を耕耘を行う区域と行わない区域で比較したものであり、両者の土壤硬度に明確な差は見られなかった。

c) 底生生物

底生生物の発現は、施設完成約4ヶ月後の6月から中下段を中心に目視された。生息量は中段が最多で優占種はアサリ・シオフキ・ホトトギスガイで、10月頃まで漸増し、その後減少した。図-6は対照区

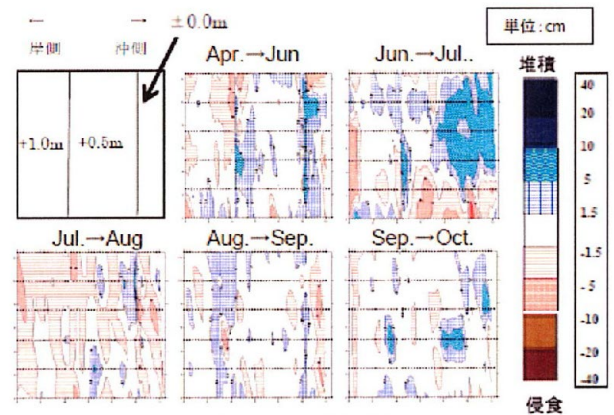


図-4 干潟高さの変化状況

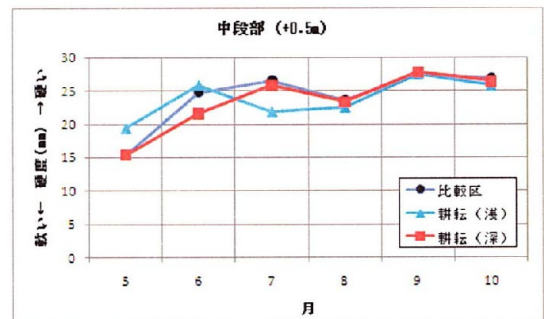


図-5 中段部の硬度の推移

中段(C5)、図-7は下段(C6)のデータで、アサリの最大個体数はC5区域で最大2万個体/m²と横浜市最大のアサリ発生地「海の公園」の最大密度並に達した。殻長組成は多様であり、継続的な浮遊幼生着底が何われた（写真-2）。

中段より下段での生物出現がやや早い傾向にあったが、その後増加せず中段より相当少ない数にとどまり、その差は最大で10倍程度に上った。また、上段では生物の観測値は殆ど0という結果となった。但し、目視観察では上段でも生物が確認された。

図-8は深い耕耘を行ったA2 区域の状況で、個体数はC5 の半分程度であった。浅い耕耘を行ったB2区域のアサリの最大個体数は約2万個体/m²で、C5区域と概ね同じ傾向となり、当初想定していた耕耘の有無による生物量の違いは認められなかった。

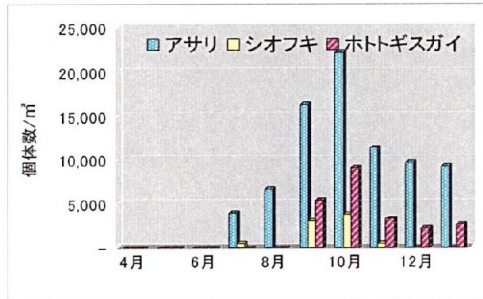


図-6 底生生物データ (C5：耕耘なし中段)

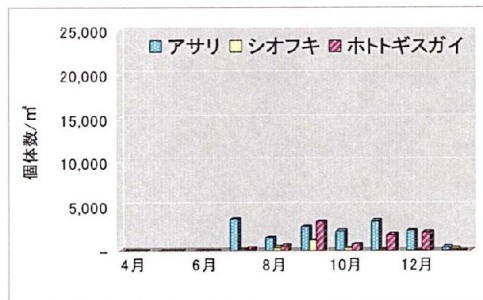


図-7 底生生物データ (C6：耕耘なし下段)

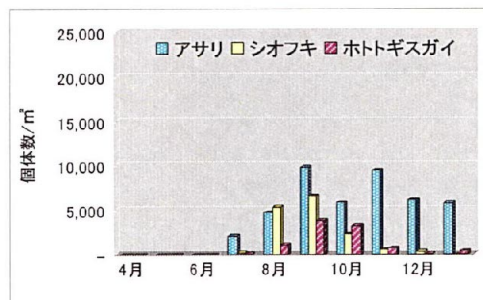


図-8 底生生物データ (A2：深い耕耘中段)



写真-2 アサリの殻長組成

また目視観察からは、同じ干潟面でも中央部より沖側の段差付近に生物が多いこと、ザルでは掬えない20cm程度の深さに大型の環形動物が生息していることといったサンプリングでは把握できない事実が確認された。

d) 魚介類

干潟とその周辺には46種の魚類が出現した。表-2は、これを目毎に整理したものである。そのうち砂泥性種の種名を記述した。春から夏はハゼ類が優占し10月以降個体数が減少した。このうち、周辺水域で初めて確認された種としては、マアナゴ（幼魚）、トウゴロウイワシ（稚魚）、マゴチ（幼魚）、アケボノチョウチョウウオ（幼魚・成魚）及びイシガレイ（稚魚・幼魚）等がある。

表-2 観察された魚介類

目名	科数	種数	砂泥性種	稚魚	幼魚	成魚	出現回数	個体数	備考
エイ目	1	1	アカエイ				1	R	初記録
ウナギ目	1	1	マアナゴ				1	R	初記録
ニシン目	1	1							
ボラ目	1	1							
トウゴロウイワシ目	1	1							
タツ目	1	1							
カリゴ目	4	5	マゴチ				2	R	初記録
スズキ目	15	29	マハゼ				9	A~R	
カレイ目	1	2	イシガレイ				3	A~R	初記録
			マコガレイ				2	R	
フグ目	3	4	クサフグ				2	C~R	
合計	29	46							

* 個体数A：多い、C：普通、R：少ない

(2) 横浜技調による調査

干潟造成前後の底生生物量（全調査地点の平均）を表-3 に示す。

表-3 横浜技調による底生生物調査結果

期項目	時	H19.6	H20.6	H20.9	H20.11	H21.2
(1) 総出現個体数/m ²		1,600	3,633	12,208	13,229	12,150
(2) 総出現湿重量/m ²		2,340.1	68.1	1,024.4	2,107.5	1,514.8
(3) 種類数		19	19	32	31	31
(4) BI値(=1/√3)		13	191	382	427	392
(5) 多様度指数(h')		2.98	1.00	1.55	2.30	2.35
類別組成 個体数%	環形動物	135	3,610	1,667	4,346	5,613
	(%)	56.3%	99.4%	13.7%	32.8%	46.2%
	軟体動物	78	7	10,391	8,778	6,170
	(%)	32.5%	0.2%	85.0%	66.4%	50.8%
	節足動物	11	13	118	86	365
類別組成 湿重量%	(%)	4.6%	0.4%	1.0%	0.7%	3.0%
	その他	16	3	42	19	3
	(%)	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	環形動物	5	66	39	32	63
	(%)	1.5%	97.1%	3.8%	1.5%	4.2%
類別組成 湿重量%	軟体動物	333	2	973	2,067	1,447
	(%)	94.9%	2.6%	95.0%	98.1%	95.5%
	節足動物	1	0	12	8	4
	(%)	0.4%	0.3%	1.2%	0.4%	0.3%
	その他	11	0	0	0	0
	(%)	3.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

個体数は建設前を大きく上回る水準に達し、湿重量は建設前の水準に近づきつつある。またBI 値が高く、特定種（二枚貝類、ゴカイ類）が優占する傾向にあり、多様度指数は建設前の水準に近づきつつある。優占種は、「潮彩の渚」建設前後で、二枚貝類ではホンビノスガイ（湿重量で7割弱）→アサリ・ホトトギスガイ、ゴカイ類ではノリコイソメ→ゴカイ・コケゴカイ・ミズヒキゴカイと変化し、現時点でも遷移過程にあるものと考えられる。また、マテガイ等良好な干潟環境に生息する種も観察された。

個体数水平分布（図-9）は、市民調査と同様の傾向で中段の個体数が大きい。例えば11月のアサリの個体数は、平均で約6,000個体/m²、最大は中段の約2万個体/m²である。また環形動物の個体数比率が本格的な軟体動物の加入が始まった9月に大きく減

った後に漸増傾向であること、湿重量でみると6月以外は全て軟体動物が卓越することが分かる。

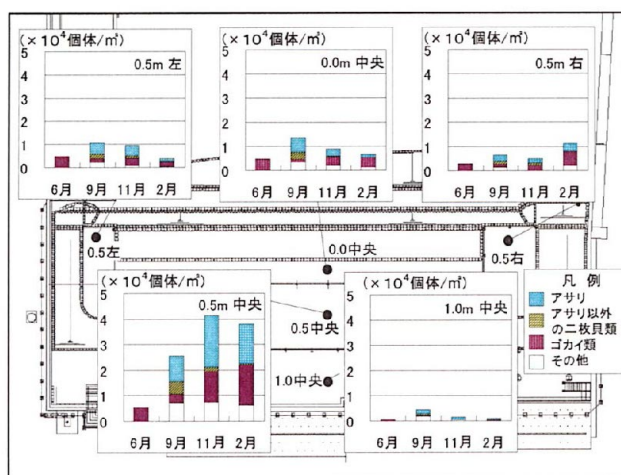


図-9 干潟底生生物個体数の水平分布
採集方法：コドラート法 (25cm×25cm×深さ10cm)

水質(図-10)は、9月に淡水の影響を受け有機物もやや多くなるが、特に問題となる悪化は見られない。

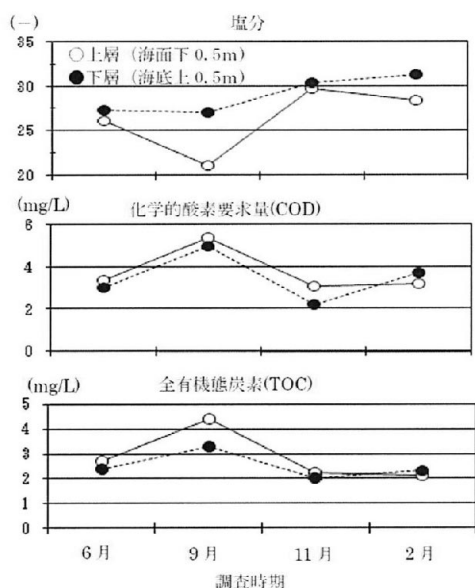


図-10 横浜技調による水質調査結果例 (St.1)

(3) 国総研による調査

図-11の調査計測結果によれば、夏季には干出時に

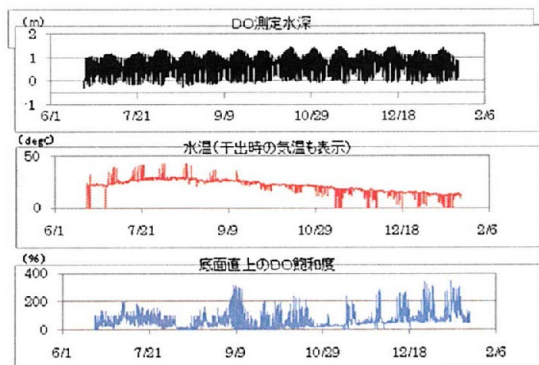


図-11 国総研調査結果(6月～1月)

水温が上昇し浸水時に下がる。冬季は逆の傾向であり、干潟には水温変動を緩和する機能があることが分かる。また、夏季には干潟上でも貧酸素化がみられる。

図-12は9月24日～10月6日の状況である。前半は浸水が夜間であり、貧酸素化が進行している。後半は浸水が昼間でありDOは回復傾向となる。これは、貧酸素化が干潟面での酸素消費の卓越により発生していることを示している。

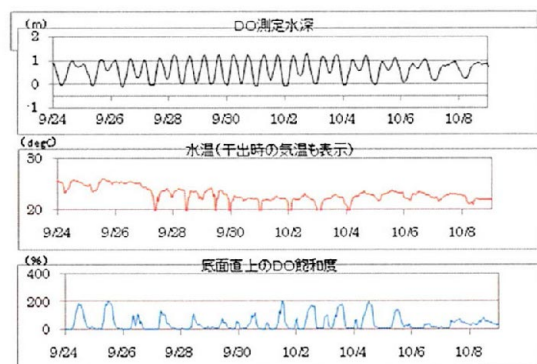


図-12 国総研調査結果(9/24～10/6)

5. 考察及び結論

(1) 荒天時波浪や航走波による階段構造の安定性

干潟面の標高の変動はわずかであり、この間の風浪・航走波等への安定性が確認された。

(2) 干潟生物環境として階段構造の有効性

官民協働調査の結果、アサリ、シオフキ等の軟体動物の個体数の急増と継続的な幼生の着生、マテガイ等良好な干潟環境に生息する種の観察、築造前後で軟体動物の優占種の変化(ホンビノスガイからアサリ・ホトトギスガイへ)及び横浜港内での初記録種を含んだ砂泥性種の出現等が確認されており、これらを総合すれば、階段型の干潟・磯場造成により、豊かで多様な干潟生態系が形成されつつあるものと考えられる。このような効果が造成後一年以内の短期間に現れたことも注目すべき点である。

また、干潟面の標高により生物量が大きく異なることから、自然再生事業を行う際には干潟面高さの管理が重要であることが示された。

(3) 造成された干潟・磯場での、人為的な維持管理の必要性和効果

現時点では、耕耘の有無による有意差は見出されなかった。

(4) 順応的管理に向けた官民協働調査の有効性

a) 市民調査の精度と特性

底生生物に関する市民調査結果(図-13)と、横浜技調の調査結果(図-14)(アサリ、シオフキ、ホト

トギスガイの消長関係)を比較すると、市民調査結果の方が個体数が少ない傾向があるものの、異なる種の個体数の大小関係や個体数の季節変化の傾向は概ね整合的であり、市民調査が一定の精度を有することが確認された。

一方、市民調査では、環形動物の調査は困難であった。この原因はザルで掬うという手法では、表層10cm程度までしかサンプリングできないこと、環形動物の種の同定が困難なことである。

従って、事前に官民双方の調査を行ってその結果を比較検討し、市民側のモニタリング項目を適切に設定すれば、官民協働調査を行うことで生物生息環境の評価をよりきめ細かく行うことが可能であると考えられる。

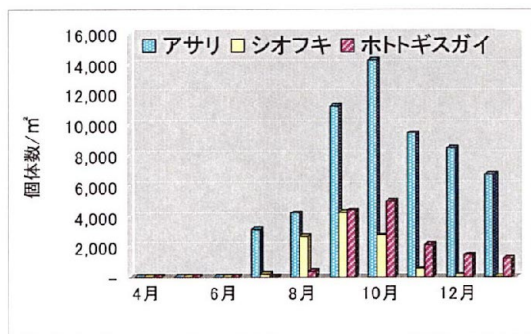


図-13 市民調査結果(中段の平均値)

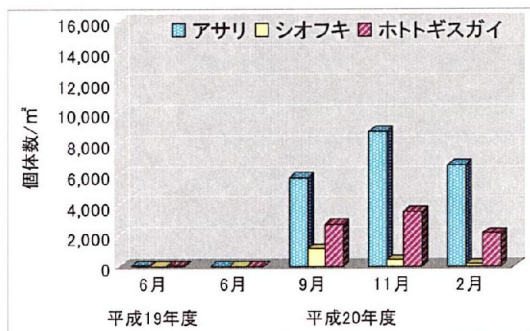


図-14 横浜技調調査結果(中段の平均値)

b) 官民協働調査の有効性

同一干潟面内の生物生息状況の差異等、次年度以降の横浜技調調査に反映されるべき知見が得られた。また潮彩の渚において、通常生物生息量が多いと思われる±0mではなく、+0.5mで生息量が最大となった理由が、国総研調査の結果(夜間浸水時の貧酸素化)で説明可能であった。

このように、市民調査と官側調査には相互補完関係が認められ、干潟・浅場の維持管理における官民協働調査の有効性・活用方策を示すことが出来た。

c) 順応的管理への官民協働調査の適用

海辺の自然再生には維持管理手法として順応的管理が不可欠である³⁾。順応的管理では必ずモニタリングが行われるが、a)、b)で述べたとおり市民調査の結果をモニタリングに活用することが可能であることが本研究の結果明らかとなった。

6. 今後の課題

(1) 今後の調査の継続と手法の改良

市民調査という位置付け上、誰でも楽しく出来る調査方法を開発することが長く続けていく上で重要であり、そのためにはより簡便な調査手法を開発する必要があると考えている。

また、市民調査と官側の調査の時期や調査地点の整合性確保や、調査結果の共有をさらに図っていく必要がある。

(2) 冬季減耗への対応

底生生物は、冬季に減耗することが一般的に知られている。市民調査時にはカモ類の捕食活動が観察され、また干潟前面の磯場にはイシガニが大量に観察され、これらによる被害を受けていることが想定される。これを裏付けるように、干潟面上(特に中段)には、貝殻片が大量に観察されている。

被害の影響を検討するためには、アサリの殻長組成を計測するほか、調査区域の一部に保護ネットを展張することが考えられる。

(3) 耕耘効果の検証方法の検討

維持管理手法として想定した干潟耕耘には、現時点で明確な効果が認められなかった。このため、耕耘の方式、時期及び頻度等について今後見直していく必要がある。

(4) 調査に関する情報発信と市民意識の醸成

市民調査の結果は、適宜関係 NP0 の HP 等で公開に努めている。今後はより幅広く成果を周知するための情報公開の手法についても検討する必要がある。

平成20年度の市民調査に参画した人数は、延べ約200名で、活動を通じて身近な自然の楽しさや豊かさを実感させる効果が認められた。また平成20年度横浜技調の総来訪者は約5,700人以上に上る。これらの人々が「潮彩の渚」を体験することによる市民意識の醸成効果については、別途研究が行われる必要性があると思われる。

謝辞: 本研究は「都市型干潟の賢い使い方研究チーム」の全メンバー、横浜技調及び国総研の協力の賜物である。中でも神奈川県水産技術センターの工藤孝浩主任研究員には魚介類の観察及び種の同定にご貢献頂いた。ここに感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 諸星ら：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，海洋開発論文集第24巻，pp759-764，2008。
- 2) (財)港湾空間高度化環境研究センター：港湾における干潟との共生マニュアル，pp127-130，1998。
- 3) 海の自然再生ワーキンググループ：順応的管理による海辺の自然再生，pp22，2007。