

横浜港内における浅場造成の環境再生効果

ENVIRONMENTAL RESTORATION EFFECTS OF CONSTRUCTING AN ARTIFICIAL SHALLOW AREA IN YOKOHAMA HARBOR

佐藤恵子¹・眞田将平²・近藤充隆¹・白井一洋¹・

下迫健一郎³・木村尚⁴・森田健二⁵・諸星一信⁶

Keiko SATOH, Shohei SANADA, Mitsutaka KONDOH, Kazuhiro SHIRAI

Kenichirou SHIMOSAKO, Takashi KIMURA, Kenji MORITA and Kazunobu MOROHOSHI

¹国土交通省 関東地方整備局 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)

²正会員 修(工) 国土交通省 横浜港湾空港技術調査事務所 (同上)

³正会員 博(工) 国土交通省 横浜港湾空港技術調査事務所 (同上)

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

⁵正会員 NPO法人 海辺つくり研究会 (同上)

⁶正会員 博(工) NPO法人 海辺つくり研究会 (同上)

Environmental experiment facilities, such as shallow area in Tokyo Bay, are the stair-like facilities, with a shallow area of Y.P.-2m and -4m, which was made in the Yokohama harbor.

In the present study, it aimed to execute the field observation in facilities concerned, to prove the effect of the creation of a shallow area, and to consider the factor affecting.

The benthos, seaweeds algae and fishes were confirmed by modifying of the ground level and the bottom sediment and arranging a double submerged breakwater though result of the initial field observation.

Key Words : *Shallow area, Environmental restoration, Biodiversity, Field observation, Yokohama harbor*

1. はじめに

東京湾中央部では、夏期に底層水が貧酸素化し、生物の生存にとって極めて不適な環境が形成されている。その一因として、沿岸域に広がっていた浅海域が埋立てられ、浅場が減少したことが挙げられる。浅場のような浅海域は、多種多様な底生生物群集が高密度に生活しており、その高い代謝活性による活発な有機物の分解は、沿岸生態系が本来もつ自然浄化機能の担い手として環境保全に大きな役割を果たしてきた¹⁾。そのため、浅場の造成は、東京湾の環境再生にとって重要視されているが、具体的・現地実証的に効果を検証する研究は少なかった。また、東京湾の沿岸・海域は稠密に利用されているため浅場を整備できる範囲は限られる。こうした限られた範囲内で整備した浅場により生物生息場を創出できることが確認されれば、環境再生施策の選択肢を格段に広げ、環境再生に大きく寄与することが期待できる。

こうした背景を受け、国土交通省関東地方整備局横浜港湾空港技術調査事務所（以下、横浜技調）は、

2009年3月29日に横浜港内の山内地先に東京湾浅場等環境実験施設（以下、環境実験施設、図-1）を造成した。

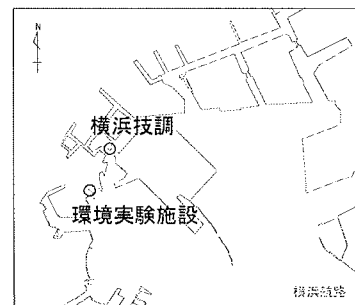


図-1 環境実験施設位置図

2. 調査概要

(1) 施設概要

環境実験施設は、浮泥層から成る Y.P. = -4m ~ -6m 程度の海域に山砂を投入し、Y.P. = -2m, -4m の浅場を造成した階段状の施設（図-2）である。

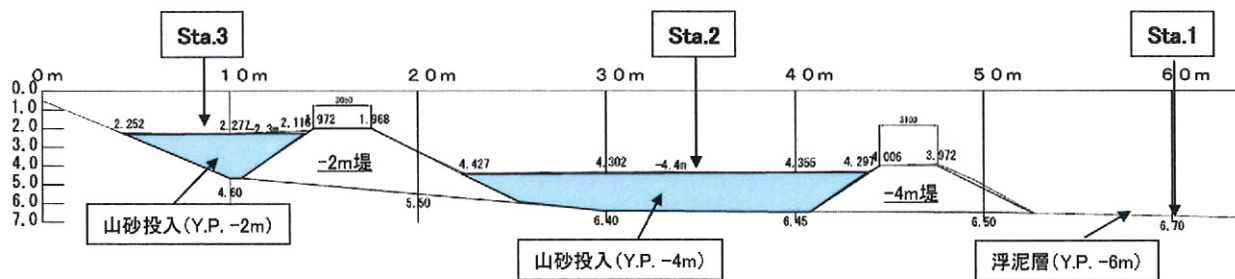


図-2 環境実験施設 断面図

各段は 300～500kg /個の捨石による潜堤により区切られている。山砂を投入した部分を覆砂区、投入していない部分(Sta.3 の図面上左側と Sta.1 周辺)を非覆砂区と呼ぶ。

環境実験施設の造成目的は地形制御による生物生息場の創出である。造成にあたっては、底生生物相の回復のみならず、海草藻類を含めた多様性のある生物生息場の創出を目標とした。

環境実験施設を造成した海域は 30m×100m程の限られた範囲である(図-3)。この中で、①水深-4.0m までは付着生物、とりわけ海草藻類の生息が予測できること^{2),3)}、②東京湾では水深-2m～-3m で底生生物が豊富であること¹⁾、③生物環境にとっては連続性を確保するために、多様な水深帯の確保が望ましいこと、④底生生物、海草藻類の出現状況次第で、後に基盤材を整備する等の順応的管理が可能となること、を考慮し、Y.P.=-2m、-4m の階段状の構造とした。二重潜堤の配置は、①生物の付着可能面積を増大させ、更に魚類等の移動・生息を有効にすること、②直線的な配置より相対的に少ない捨石量での浅場造成が可能なること、から等深線に沿った円弧状の配置とした。

本研究は、この環境実験施設での現地観測を通じ、浅場造成効果の実証と、その影響要因の検証を目的とするものである。現地観測に際しては、1 年目に加入が想定される種を仮定し、現地観測結果との対比を行った。表-1 に環境実験施設の構造とそこから期待される種の想定根拠を示す。海草藻類にあたっては、Y.P. -4m までを海草藻類の生息場と想定し、水深と生物現存量・多様性との関係を見いだすことを目的とした。

表-1 設定構造と期待される種の想定根拠

対象	地盤高	想定根拠
底生生物	Y.P. -2m	酸素要求量の高い種
	Y.P. -4m	貧酸素耐性の比較的高い種
	Y.P. -6m	生活史の短い汚染指標種
海草藻類	0m～Y.P. -4m	—
魚類	潜堤	季節的定住種、定年定住種

(2) 環境実験施設における現地観測

現地観測は、2009 年 6 月～2010 年 2 月にかけて、図-3 に示す 3 地点で以下の内容を月に一回観測した(ただし、2 月は海草藻類及び魚類観察のみ)。観測は 6 月～8 月、12 月は小潮の干潮時に、それ以外は若潮又は中潮の満潮時に実施した(図-3)。

a) 水質調査

多項目水質計(JFE アレック(株)、AAQ1183-PR0)を用いて、水温、塩分、濁度、DO、クロロフィル a (以下、Chl. a) の鉛直分布を測定した。また、透明度板(離合社)と水色計(離合社)を用いて、透明度と水色を測定した。

b) 底質調査

エクマンバージ採泥器(15cm×15cm)を用いて船上より採泥し、表層 1cm を採取した後、レーザー分析装置を用いて、粒度分析を行った。

c) 底生生物調査

エクマンバージ採泥器(15cm×15cm)を用いて船上より採泥し、1mm 目のフルイを用いてふるい分け、生物の種の同定、個体数の計測及び湿重量の計量を行った。なお、底質の採取量が調査月により異なったため、各データを比較する観点から、個体数及び質重量は 1m² あたりに換算した。

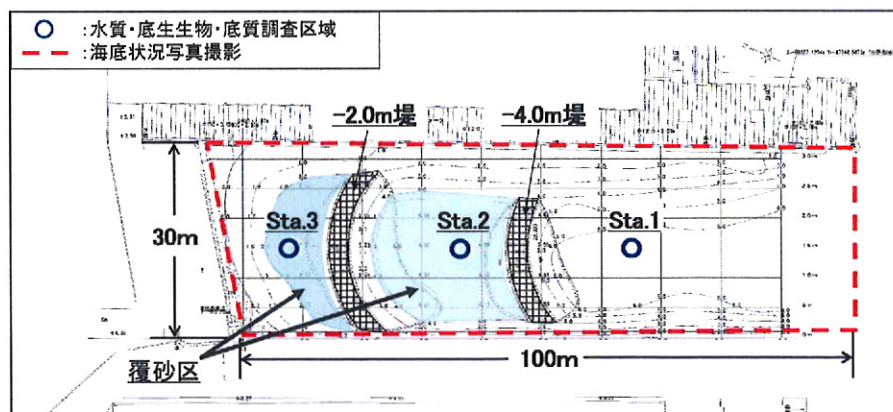


図-3 環境実験施設平面図及び調査地点図

調査日	潮汐
6月29日	小潮干潮時
7月30日	小潮干潮時
8月27日	小潮干潮時
9月28日	若潮満潮時
10月30日	中潮満潮時
11月27日	若潮満潮時
12月8日	小潮干潮時
1月27日	中潮上げ潮時
2月25日	中潮満潮時

d) 海草藻類及び魚類観察

2009年9月28日, 12月8日, 2010年1月27日, 2月25日に潜水目視観察及び映像撮影を行い, 確認された種の同定を行った。

(3) 係留系による水質連続観測

環境実験施設における水質調査は, 月に一度の鉛直測定である。水質の悪化が認められた場合, その層の測定は可能だが, 水質悪化の起こり始めた時期や頻度を推定するのは難しい。また, 水環境が生物に与える影響を把握するためには, 長期間の水質動向の把握が望まれる。そこで, 環境実験施設の水質調査を補間するために, 以下に示す水質連続観測を実施した。

横浜技調(図-1)構内において, 2009年6月～2010年1月の間, 10分間隔で計測を行った。観測項目は, 海面下0.5mにおける水温, 塩分, 濁度, DO, Chl. であり, 測定には, 水温塩分計(JFEアレック(株), COMPACT-CTW), 溶存酸素計(同COMPACT-DOW), クロロフィル濁度計(同COMPACT-CLW)を用いた。

3. 調査結果

(1) 水質調査結果

図-4にSta.2における8月27日, 9月28日, 10月30日のDO(mg/L), Chl. a($\mu\text{g/L}$)を示す。8月は表層のChl. aの値が高く, また, 透明度は1.4m, 水色は18と赤みがかっているのが観測され, 赤潮が発生していた。また, 底層ではDO=3.7mg/L未満と貧酸素化(定義:DO=3.7mg/L未満)が観測され, 観測期間を通して最も水質の悪化した時期であった。9月は, 底層での貧酸素化は観測されず, 10月は水深による値の変動はほとんどなくなっていた。

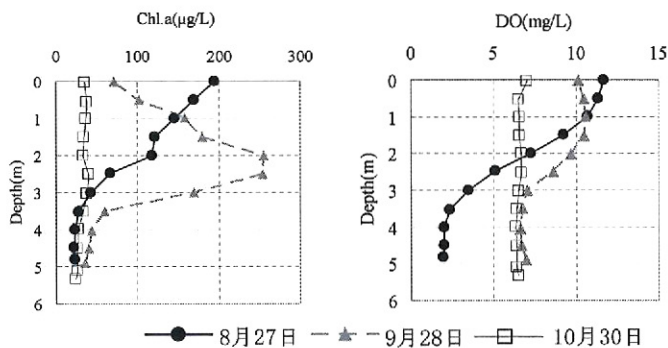


図-4 Sta.2におけるChl. a及びDO

図-5に係留計による7月～11月の水質連続観測結果を示す。7月～10月中旬にかけて, 頻繁に貧酸素化が観測されたが, 10月中旬以降, 貧酸素化は解消されていた。

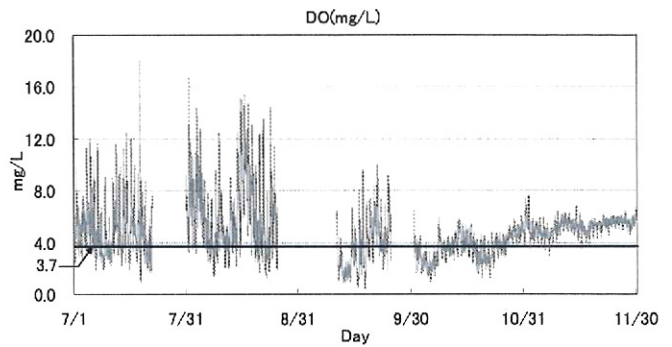


図-5 水質連続観測結果

(2) 底質調査

図-6にSta.1～3の表層の粒度組成を示す。覆砂区であるSta.3は砂分の割合が多く, 非覆砂区であるSta.1は泥分が多かった。Sta.3と同じ覆砂区であるSta.2は, Sta.3に比べ泥分が多い傾向であった。また現地観測において, Sta.2では度々悪臭が確認された。

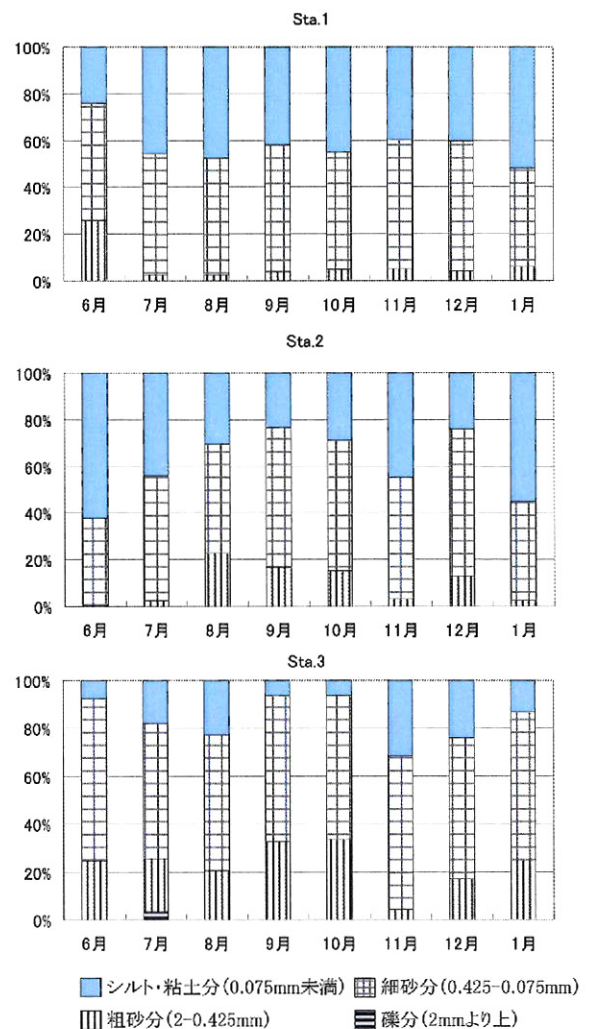


図-6 表層の粒度組成

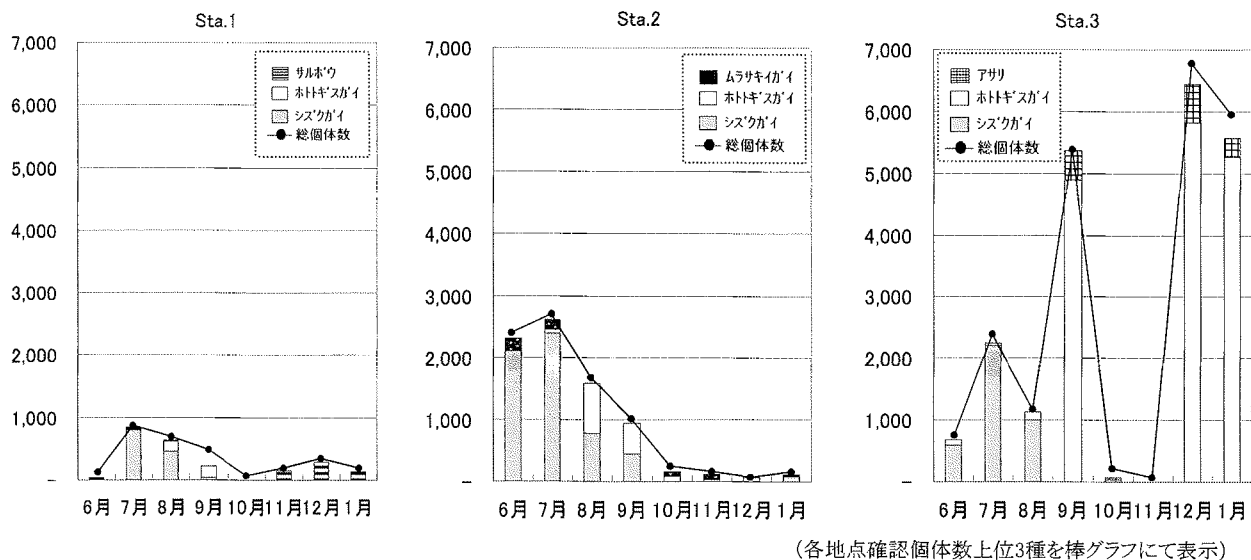
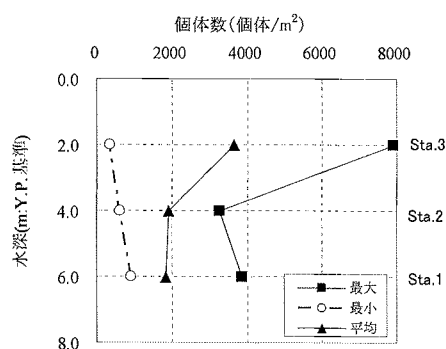


図-7 二枚貝の個体数分布 (個体/m²)

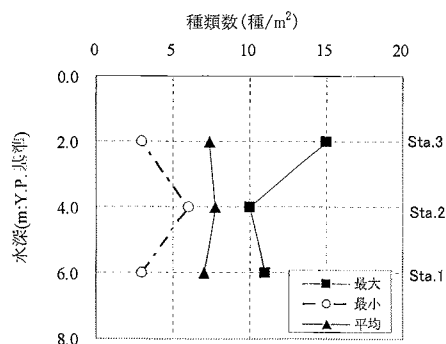
(3) 底生生物調査

図-7 に二枚貝の個体数分布を示す。夏季の全地点で汚染指標種であるシズクガイが多く確認された。二枚貝の優占種上位3種をみると、シズクガイ、ホトトギスガイが共通しているのに対して、Sta.1ではサルボウが、Sta.2ではムラサキイガイが、Sta.3ではアサリが優先した。また、9月以降の二枚貝の個体数は水深の最も浅いSta.3で最も多くの個体数が確認された。一方、Sta.3における10月、11月の二枚貝の個体数は極端に少なく、とりわけホトトギスガイの減少が目立った。



※ 最大値、最小値は観測期間中、最も確認個体数の多かった月、少なかった月の値

図-8 地盤高と個体数の関係



※ 最大値・最小値は観測期間中、最も確認種の多かった月・少なかった月の値

図-9 地盤高と種類数の関係

図-8 に地盤高と確認された底生生物の個体数の関係を示す。Sta.3 で最も多くの個体が確認された。Sta.1 と Sta.2 の個体数の差はあまり無かった。

図-9 に地盤高と確認された底生生物の種類数の関係を示す。種類数は平均値をみると各地点でほとんど差がなかった。一方、最大値はSta.3で、最も多くの種が確認された。全調査期間、全地点を通して、34種の底生生物が確認された。

(4) 海草藻類及び魚類観察

表-2 に海草藻類の確認種を示す。2月の潜水調査で最も多くの海草藻類が確認された。1月調査ではY.P. -2m 以浅の浅海底で、ワカメの幼体をはじめとする多様な海草藻類の自然着生が認められ、2月調査では、人の背丈ほどある大きさのワカメも確認された。

表-2 海草藻類確認種

調査月	調査地点					合計
	Y.P.-6m	潜堤 (Y.P.-4m)	Y.P.-4m	潜堤 (Y.P.-2m)	Y.P.-2m	
9月			ミル		オゴノリ	2種
12月					ミル オゴノリ	2種
1月			ワカメ		ワカメ マクサ	2種
2月		ワカメ	オゴノリ ワカメ	ワカメ ミル	ツカサノリ科 アオサ属 ワカメ イギス目 ケイギス オゴノリ ミル	8種

表-3 に魚類の確認種を示す。9月に最大の9種が確認され、そのほとんどが潜堤付近で確認された。一方で、1,2月調査時の確認魚類はハゼ類のみであった。

表-3 魚類確認種

調査月	調査地点					合計
	Y.P.-6m	潜堤 (Y.P.-4m)	Y.P.-4m	潜堤 (Y.P.-2m)	Y.P.-2m	
9月	スジハゼ	ウミタナゴ クロダイ ハゼ科の一種	アカオビシマハゼ メジナ	アカオビシマハゼ メジナ コショウダイ ハゼ科の一種 イワシの稚魚	アカオビシマハゼ アジ科の一種	9種
12月	ハゼ科の一種		メバル	ボラ マハゼ	クロダイ アカオビシマハゼ ハゼ科の一種	6種
1月			アカオビシマハゼ スジハゼ		ハゼ科の一種	2種
2月		アカオビシマハゼ	アカオビシマハゼ スジハゼ		スジハゼ	2種

(5) 想定される1年目の加入状況と調査結果の比較

表-4 は、調査実施前に想定した1年目の加入状況と調査結果の比較である。加入が想定される生物種は既存文献の他、近隣の干潟、人工海浜で確認された種を参考に選定した^{3)~7)}。底生生物をみると、シズクガイがSta.2で優占し、サルボウ、ホンビノスガイがSta.1で優先するといったように、想定とは異なる結果もみられた。海草藻類は、Y.P.-2mでは想定以上の多様な種が確認されたが、Y.P.-4mは想定とは異なっていた。魚類はほぼ東京湾でみられる種が確認された。

4. 考察

Sta.2における水質調査では、底層の貧酸素化は9月に解消されていた。しかし、横浜港内では、夏季の干潮時に貧酸素化し、満潮時に解消されるという現象が確認されている⁸⁾。そのため、9月調査では若潮の満潮時という調査時間上、貧酸素化が確認されなかったにすぎないと考えられる。係留計の連続観測結果とあわせると、水環境が完全に改善されたのは10月中旬以降であると考えられる。

二枚貝の6月~8月は、全ての地点で確認種のほとんどが汚染指標種のシズクガイであり、種数に乏

しかった。無生物状態ではなかったものの、汚染指標種のための単調な生態系であり、夏季に観測された水質環境の悪化は、生物の生息にとって厳しいものであったことを示している。

9月以降は、水深の最も浅いY.P.=-2mのSta.3で多くの二枚貝が確認された。またSta.3は、全底生生物の確認個体数が最も多く、確認生物種の最大値も観測された。水質調査の結果より、貧酸素に陥りやすい水深は、-3m付近より以深であることから、水深の最も浅くなるY.P.=-2mの地点は、水質環境が完全に回復されていない時期でも、貧酸素の影響を受けにくく、生物相の早期回復が期待できると示唆される。Sta.3では10,11月にホトトギスガイの減少が目立ったが、他の月の現地観測においては、ホトトギスガイが足糸でつながりコロニーを形成している様子が確認されているため、10,11月の採泥時はホトトギスガイのコロニーが採泥範囲から外れ、個体数が減少したと考えられる。

Y.P.=-4mのSta.2は、Y.P.=-6mのSta.1と比べ、二枚貝優占種の違いはあったものの、底生生物の個体数、種類数ではあまり差がみられず、想定に反して汚染指標種であるシズクガイが最も多く確認された。Sta.2はSta.3に比べて泥化しており、現地観測時には悪臭も確認されていることから、底質環境が悪化し、底生生物の生息に影響をおよぼしていた可能性がある。

海草藻類はY.P.=-4mまで着生が認められた。現地では浅場造成前からワカメの着生が目視されており、造成浅場でも海草藻類の生育が可能であることがわかった。

Sta.1とSta.2の間には、海草藻類の生育で、大きな差が生じた。また、Sta.1~Sta.3の二枚貝優占種を見ると、各段で相違がでていることから、階段状に整備して水深と底質を改変したことによる、多様な水深帯を確保した効果を確認することができた。

魚類に関しては、潜堤付近で多くの種が確認され、捨石による二重潜堤が、魚類の移動・生息の場となっていると示唆された。

表-4 想定された1年目の加入状況と調査結果の比較

	調査地点	想定される1年目の加入状況		調査結果	評価
底生生物 (二枚貝)	Y.P.-2m (Sta.3)	酸素要求量の高い種	アサリ、シオフキ、ホトトギスガイ	アサリ、ホトトギスガイ、ソオリガイ	○
	Y.P.-4m (Sta.2)	貧酸素耐性の比較的高い種	サルボウ、ムラサキガイ、ホンビノスガイ	ムラサキガイ、シズクガイ	△
	Y.P.-6m (Sta.1)	生活史の短い汚染指標種	シズクガイ、チヨノハナガイ	サルボウ、ホンビノスガイ	×
海草藻類	Y.P.-2m	アオリ属、アオサ属、アマモ、ワカメ		ツカサノリ科、アオサ属、ワカメ、ケイギス、オゴノリ、イギス目、ミル	○
	Y.P.-4m	イトグサ属、イギス科、ミル		オゴノリ、ワカメ	×
魚類	潜堤	季節的定住種	ボラ、スズキ、メバル、マハゼ、マイワシ、コヒキ	クロダイ、ボラ、イワシの稚魚、メジナ、コショウダイ、マハゼ	○
		周年定住種	ハゼ科、ギンボ、アミメハギ、アイナメ、ウミタナゴ、アカオビシマハゼ	アカオビシマハゼ、ウミタナゴ、ハゼ科	○

○:概ね想定どおり △:半々 ×:想定外

※底生生物は2地点以上で確認された種は、最も個体数の多い地点に記載、また確認個体数が3以下のものは除外した。

5. 結論

地盤高 (Y.P. = -2m, -4m) と底質 (砂質) の改変, 二重潜堤の配置により, 底生生物のみならず, 海草藻類, 魚類が確認された。また, 夏季の水質環境の悪化は著しく, Y.P. = -2m ~ -6m の間では底生生物の生息状況に大差がないものの, 地盤高の違いにより, その後の回復に差が見られることがわかった。一方, Sta. 2 においては, 海草藻類の生育は認められたものの, 想定外に底質が悪化し底生生物の生息に悪影響を及ぼしている可能性があったため, 今後, 注目していく必要がある。

6. おわりに

今回の現地観測結果は環境実験施設造成後, まだ 1 年未満のものである。人工造成された施設には, 当初はうまくいっているような結果がでていても, 残念ながら元に戻ったり, より悪い環境に陥ってしまう例が存在する⁹⁾。そのため, 今回得られた結果はあくまで初期のものであり, 今後の観測結果による仮説の検証がより重要となることに留意する必要がある。今回得られた調査結果から, 今後の調査結果を予測すると, 当該実験施設においては, 夏季の貧酸素の影響を避けることは難しいと思われることから, ①夏季は各地点に大差がなく, シズクガイの優占した単調な生物相になり, 一時的に底生生物が減少する, ②初秋より, Y.P. -2m 以浅でアサリ, ホトトギスガイを初めとする底生生物の回復がみられ, 個体数, 種類数が増加する, ③冬季より, 海草藻類の生育が確認され, 多様性が増すと予測される。

また, 今後の課題としては, ①貧酸素の影響がど

のような過程を経て発現するか, 生物の付着が特に促進される潜堤の部位とその要因についての仮説と検証, ②メタ個体群の動態は長中短期的に変動するため, 環境実験施設が Sink と Source のどちらの役割を果たしているかの検証, が挙げられる。

今後とも, 現地観測を継続しながら, 浅場の整備方針や, 浅場造成による生物多様性の向上効果を明らかにする計画である。

謝辞: 本研究を行うにあたり, NPO 法人海辺つくり研究会の方々には, 現地観測にて多くの御協力を頂きました。ここに記して深甚なる謝意を示します。

参考文献

- 1) 平野敏行: 沿岸の環境圏, フジ・テクノシステム, pp. 104-127, 1998.
- 2) 中島泰: 藻場造成の適地選定方法について, 水産工学, vol. 42 No. 2, pp. 159-163, 2005.
- 3) 沼田眞, 風呂田利夫: 東京湾の生物誌, 築地書館, pp. 45-142, 1997.
- 4) 環境省: 海域の特別域の類型指定に関する情報の整備について (東京湾を事例として), <http://www.env.go.jp/council/09water/y091008/mat06.pdf>, 2007.
- 5) 環境省: 東京湾における魚類等の生息状況, <http://www.env.go.jp/council/09water/y091011/ref01-2.pdf>, 2008.
- 6) 株式会社東京久栄, 国土交通省関東地方整備局横浜港湾空港技術調査事務所: 人工海浜等の水質・底質等モニタリング調査報告書, 平成 21 年 3 月.
- 7) 横浜市港湾局: 魚ツチング・ヨコハマ, 昭和 63 年 5 月.
- 8) 渡部昌治, 眞田将平, 高伏剛, 山岸秀樹: 港内に発生する表層の貧酸素化に関するメカニズムについて, 海洋開発論文集, 第 25 巻, pp. 533-538, 2009.
- 9) 西村修: 干潟の自然再生について, HEDORO, No. 107, pp. 23-27, 2010.