

生物付着基盤の設置による生物生息環境の改善手法について（第1報）

浦垣直子、市川竜也、堀美智子、山下理絵（横浜市環境科学研究所）、
松本剛、小山田久美、宮田康人（JFE スチール株式会社）

The recreation of habitat with installation of stones for biofouling in the sea area in front of Yamashita Park (Part 1)

Naoko Uragaki, Tatsuya Ichikawa, Michiko Hori, Rie Yamashita (Yokohama Environmental Science Research Institute),
Takeshi Matsumoto, Kumi Oyamada, Yasuhiro Miyata (JFE Steel Corporation)

キーワード：山下公園、貧酸素、生物付着基盤、再生資材、生物生息環境

要 旨

横浜市と JFE スチール株式会社は、水深-3.0mよりも深く夏季に貧酸素状態になる場所が多い横浜港において、生物付着基盤の効果が期待される鉄鋼スラグ製品を沿岸域に配置して生物生息環境を改善することにより、海域が本来持っている生物による水質浄化能力の回復に向けた生物生息環境の改善手法を検討することを目的とし、平成 25 年 10 月から世界トリアスロンシリーズのスイム会場でもある山下公園前海域において共同研究を実施している。

平成 27 年 2 月までに行ったモニタリング調査の結果から、生物付着基盤を設置した場所に濾過性の二枚貝などの水質浄化能力を有する生物が増え、生物の豊かな海域が形成されつつあることが確認された。

1. はじめに

横浜港の水質汚濁は昭和 45 年から昭和 50 年頃までと比較して公共下水道の整備や工場排水の規制により改善されたが、近年は横ばい傾向にあり、赤潮発生や降雨に伴う水質悪化という課題が残されている。横浜港の水質をより向上させるためには、流入汚濁負荷量の削減や底質の改善を行うと共に、海域生物の水質浄化能力を利用できる環境の修復・創出が重要であることがこれまでの調査から分かっている^{1), 2)}。このような状況のもと、横浜市では中期 4 か年計画や環境管理計画において、浅海域などを活用して水質浄化に取り組む「きれいな海づくり」事業を展開してきた。一方、海域における鉄鋼スラグの再利用の促進について、港湾・空港等整備におけるリサイクル技術指針（国土交通省）が平成 24 年 4 月に改訂され、用途として藻場、浅場、干潟造成、覆砂材、人工砂浜等が追加された³⁾。

横浜市と JFE スチール株式会社は、水深-3.0mよりも深く夏季に貧酸素状態になる場所が多い横浜港において、生物付着基盤や底質改善の効果が期待される鉄鋼スラグ製品を沿岸域に配置することによる、生物生息環境の改善による水質浄化能力の回復に向けた手法の検討を目的として、平成 25 年 9 月に協定を締結し、平成 28 年 3 月 31 日までの期間で『「山下公園前海域における水質浄化能力の回復に向けた生物生息環境の改善手法」に関する共同研究』を進めている。

本報では生物付着基盤の設置後、平成 25 年 10 月から平成 27 年 2 月までの調査結果より、生物生息状況について得られた知見を第 1 報としてとりまとめた。

2. 共同研究概要

2-1 実験海域

実験場所の山下公園は横浜市中区にあり、関東大震災の復興事業として瓦礫などを使用し埋め立て造成した公園である。山下公園前海域は起伏が激しく、護岸から数十メートル離れると水深は-5m よりも深くなり、その海底では夏季には溶存酸素が少ない状況になっていることがこれまでの調査から分っている⁴⁾。

このことから、海中環境の現状、船舶の航行、海面の利用状況、海域浄化資材の設置作業及び事後調査等の作業性等を考慮し氷川丸左舷側の海域を実験場所とした（図 1）。

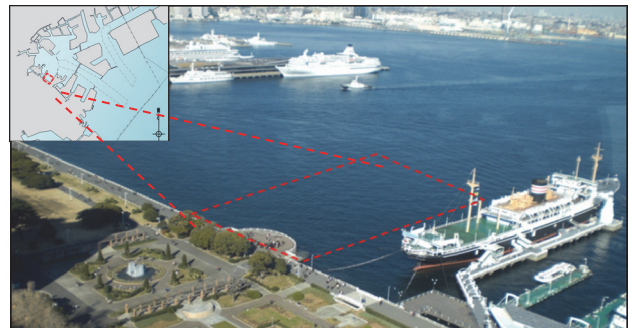


図 1 実験海域

2-2 研究内容

事前調査によって山下公園前海域の海底等の特性を把握した後、鉄鋼スラグを原料とする再生資材製品およびその対照物（自然石・山砂）を生物付着基盤として用い、浅場造成を行った。使用した生物付着基盤の概要を表 1

に示す。その後、生物生息状況の経年的な変動を見るため、年4回の定期的なモニタリング調査を行い、生物の生息環境の保全及び改善効果を検証した。

表1 今回使用した生物付着基盤

製品名					
形状	ブロック状	破砕物(岩石状)	岩石状	砂利状	自然石
寸法	1m×1m×0.5m	φ100mm~	φ100mm~	φ30mm~80mm	φ100mm~ 中央粒径0.3mm以上
比重	2.0~2.4	2.0~2.4	2.4~2.6	2.0~	
期待される効果	生物付着基盤、藻場形成、貝類等着生		被覆石、底質改善	生物付着基盤	覆砂材
	生態系の健全化(生物多様性の向上)⇒水質浄化、生物による炭素固定等				
施工実績	横浜港八景島他		横浜港八景島他	広島県(福山内)他	

2-3 各エリアのゾーニングについて

海中環境の整備は、敷設後の波浪による波の打ち上げ、潮流による生物付着基盤の流出、護岸の破損、生物再生の見込み、公園からの風景に影響を与えないか等に配慮し、以下のように整備を行った。

- (1) 試験区 A : シルト・ヘドロ層の海底に、付着基盤となる石材が沈埋しないよう砂利状の再生資材を敷設し、その上に生物付着基盤となる石材を配置
- (2) 試験区 B : 貝殻礁とシルト・ヘドロの混在する海底に、山砂を敷設し、砂の流出を少なくするため、周囲をマリノロックの潜堤で囲った生物付着基盤となる石材を配置
- (3) 試験区 C : 転石帯に、生物付着基盤を配置し転石帯を拡大

過年度の調査より横浜港において夏季の貧酸素等の影響を受けにくい水深分布をみると、水深-3mより浅い部分が当たると考えられたため、浅場造成の際に目標とする水深は-3m程度とした⁵⁾。また、生物付着基盤による効果を比較するため、試験区と同様の水深・底質環境である地点に対照区を設定した。

図2にゾーニング後の水中のイメージ、表2に試験区と対照区の概要を示す。

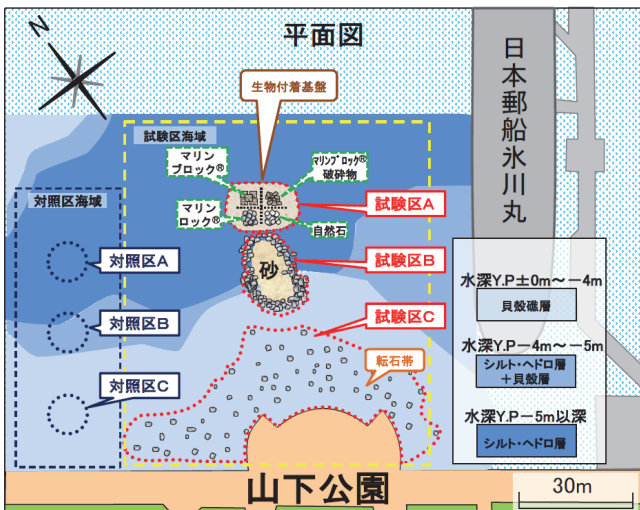


図2 ゾーニング後の水中のイメージ

表2 試験区と対照区の概要

対照区			水深	試験区		
地点	特徴	比較		地点	特徴	比較
A	夏季になるとヘドロと硫黄酸化細菌に覆われる	試験区Aとの比較	5m以上↑	A	護岸から80m 4分割したエリアに異なる4種の基質を設置	対照区Aとの比較
B	貝殻、砂、ヘドロ等で構成される	試験区Bとの比較	5m未満↓ 4m以上	B	護岸から60m スラグ製品による潜堤+潜堤内に自然砂設置	対照区Bとの比較
C	石、砂、貝殻等で構成される。光が届き、生物が豊かな場所	試験区Cとの比較	↓ 4m未満	C	護岸から20m スラグ製品による転石帯を創出	対照区Cとの比較

2-4 調査日時および方法

実験海域の整備を行う前に、生物付着基盤設置前の状況を調べるため、平成25年10月10日に事前調査を行った。平成25年10月16日から10月30日までの期間に生物付着基盤の設置工事を行い、その後、設置後の状況を把握するため、四季での調査(年4回)を実施した(表3)。

生物調査は、図3に示すとおり山下公園前海域に設定した試験区A, B, C及び対照区A, B, Cにおいて、生物付着基盤に付着した生物、蟻集したネクトン(魚類等)について潜水士による目視観察を行った。

潜水作業は所定の地点において2人1組のバディ潜水とし、スクーパ方式で行った。

表3 調査日時

調査回	調査日	調査対象	経過期間
事前調査	H25.10	-	-
モニタリング調査	第1回	H25.11 秋	約1.5ヶ月
	第2回	H26.2 冬	約4か月
	第3回	H26.5 春	約7.5か月
	第4回	H26.8 夏	約9.5か月
	第5回	H26.11 秋	約1年2.5か月
	第6回	H27.2 冬	約1年4か月

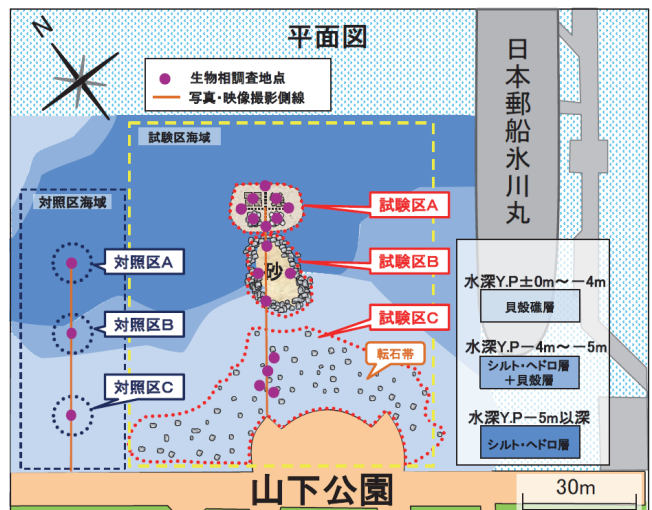


図3 調査地点図

3. 共同研究の成果

3-1 試験区 A および対照区 A

試験区の生物付着基盤別の生物確認種類数を図4に、対照区Aの生物確認種類数のグラフを図5に示す。生物付着基盤を設置する前に行った事前調査（H25.10）では試験区、対照区ともに脊椎動物門（魚類）や刺胞動物門（イソギンチャク類）などの生物が数種類しか確認されなかったが、試験区Aでは第2回調査（H26.2）で原索動物門（ホヤ類）の増加がみられ、第4回調査以降にはムラサキガイなどの濾過性の二枚貝（軟体動物門）が確認されるようになるなど、様々な種類の生物が定着したことが分かった。生物付着基盤の基質による違いは、第1回調査から第3回調査までの確認種類数ではあまり見られないが、第4回調査以降は基盤により差が見られるようになった。

生物付着基盤に付着した生物（移動性の個体を除く）の被度を図6に示す。被度を見ると環形動物門（カンザシゴカイ等）とホヤ類が多く付着していることが分かった。

ホヤ類は、始めは暗い海底でも生息できるようなカタユウレイボヤが多かったが、第3回調査からシロボヤとエボヤが出現し、第5回調査ではシロボヤが最も多く確認できるようになり、第6回目調査からはエボヤが最も多く確認できるようになるなど、同じ原索動物門の中で遷移し、被度を増やしている様子が分かった（写真1～3）。

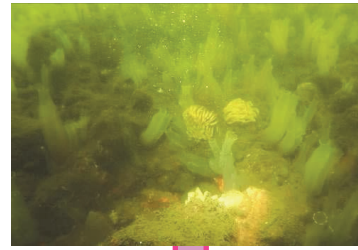


写真1
カタユウレイボヤ
平成26年5月撮影

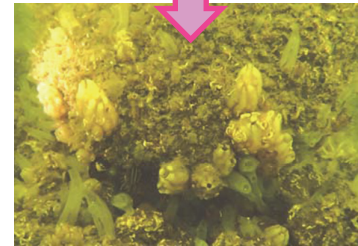


写真2
シロボヤ
平成26年8月撮影



写真3
エボヤ
平成27年5月撮影

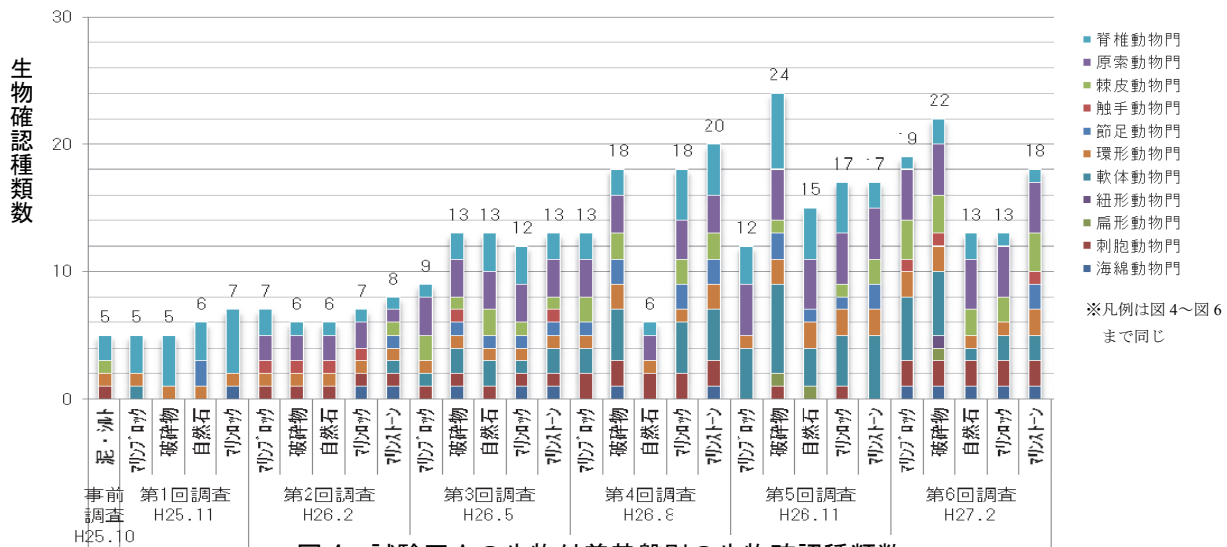


図4 試験区Aの生物付着基盤別の生物確認種類数

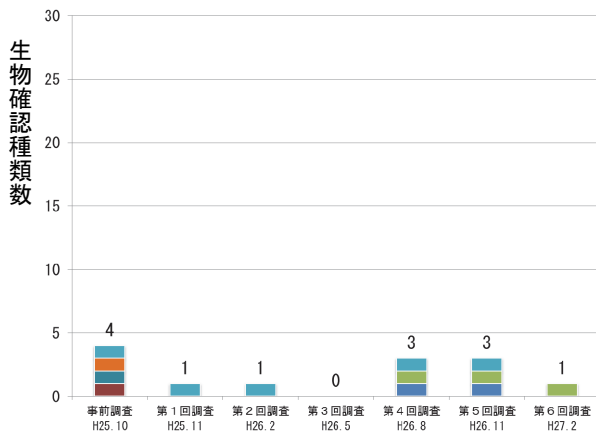


図5 対照区Aの生物確認種類数

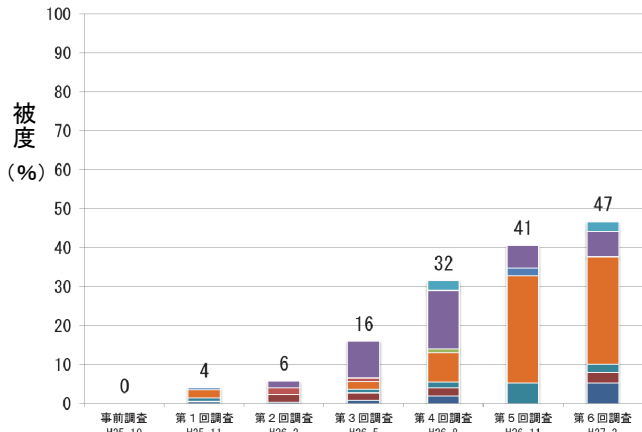


図6 試験区Aの生物被度

3-2 試験区 B および対照区 B

図7は試験区Bおよび対照区Bの生物確認種類数のグラフである。試験区Bは造成後に一時的に生物の確認種類数が事前調査より減ったが第3回調査(H26.5)以降は軟体動物門(二枚貝)や原索動物門(ホヤ類)などが増え始めている。また、図8の生物付着基盤別の生物確認種類数を見ると、潜堤として設置した付着基盤(マリンロック)には試験区Aにも付着したホヤ、二枚貝などの生物の付着がみられ、山砂を入れ覆砂したエリア(砂・シルト)ではそれらは少なく、異なる生物が増えていることが分かった。

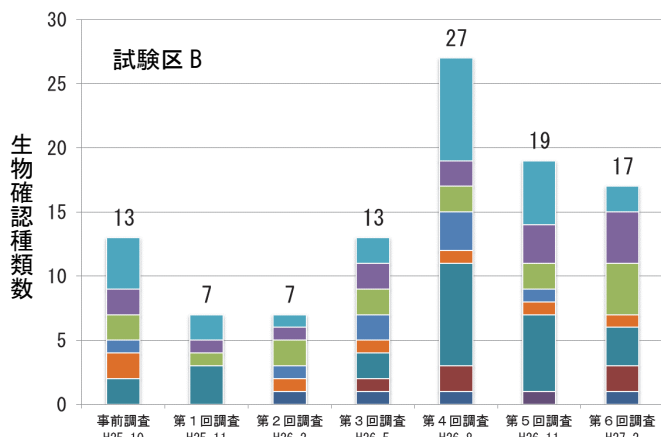


図7 試験区 B および対照区 B の生物確認種類数

3-3 試験区 C および対照区 C

図9は試験区Cおよび対照区Cの生物確認種類数のグラフである。試験区Cは水深-3mの転石帯で、生物付着基盤設置前から良好な環境であった。似ている環境の対照区Cの結果からも、生物の確認種類数は季節的な変化による増減はあるが、実験開始以前から生物の確認種類数が高い地点であったことが分かる。すでに多様な生物が生息している浅場においても、生物付着基盤を敷設することで海域の生物多様性が改善することが分かった。また、確認されている生物の種類については試験区にホヤ類が出現していることを除いて、対照区と構成が似ていた。

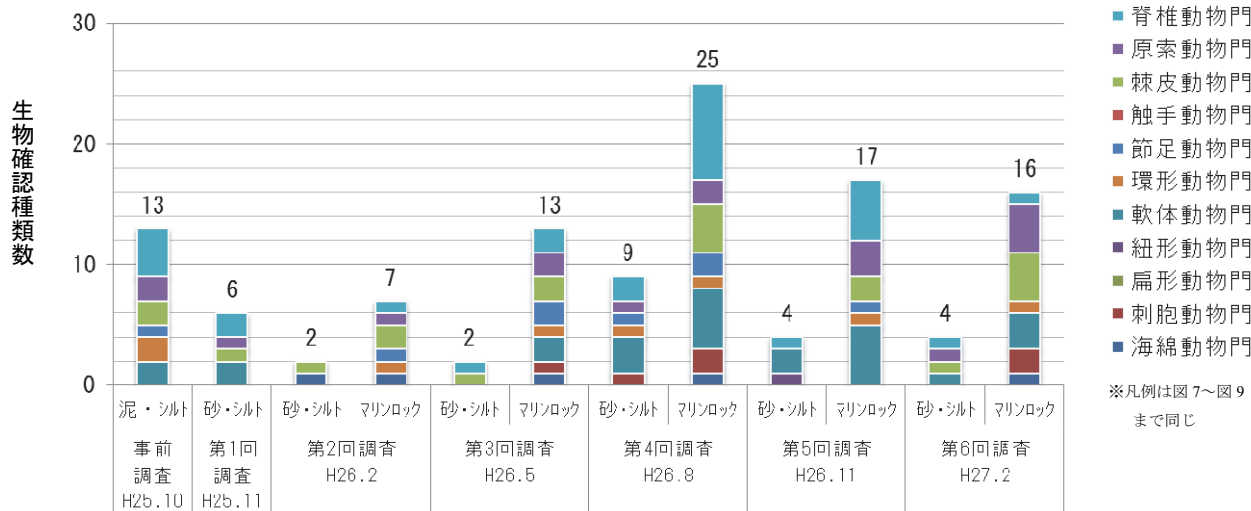
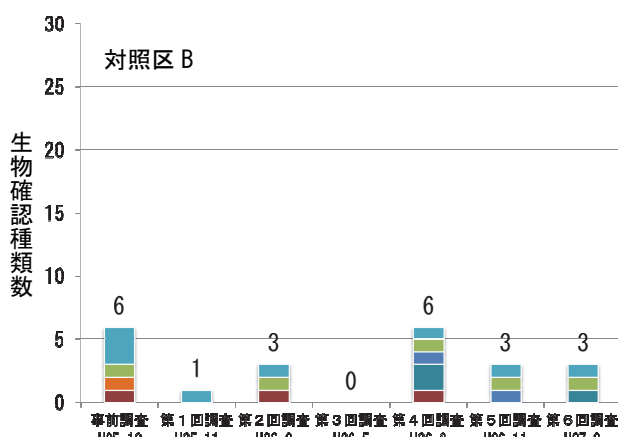


図8 試験区 B の生物付着基盤別の生物確認種類数

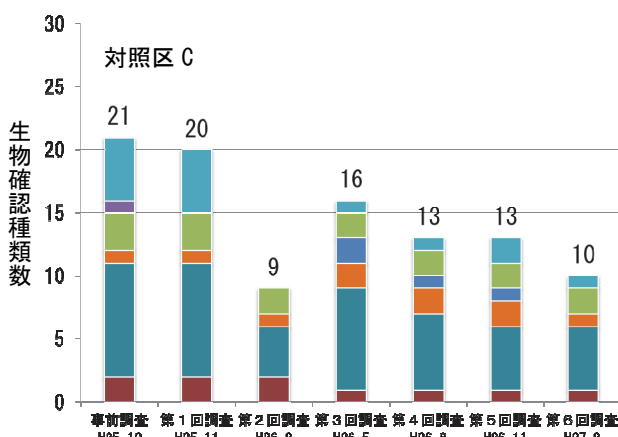
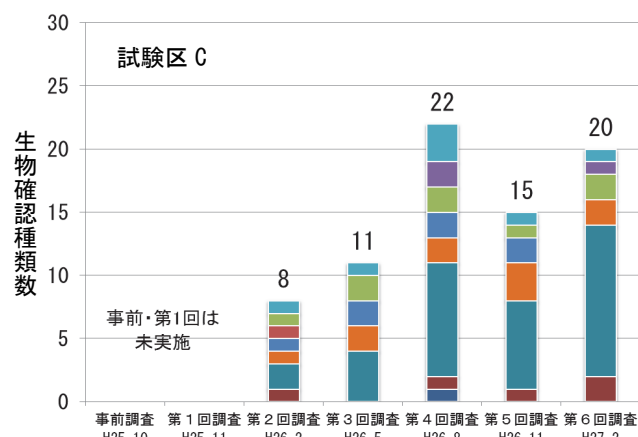


図9 試験区 C および対照区 C の生物確認種類数

4. まとめ

通年でモニタリング調査を行った結果、以下のような知見が得られた。

(1) 試験区 A

生物付着基盤の設置前と同様の環境（水深等）である対照区と比較し、確認生物の種類数の増加がみられた。対照区ではほとんど変化がないことから、今回の手法が生物の生息環境の改善手法として有効であることが示唆された。また、濾過性の生物（ホヤ類や二枚貝類等）が増加していることから、水質の改善に寄与することが期待される。

(2) 試験区 B

覆砂した場所と周囲の潜堤では付着する生物の種類に違いが生じたことから、多様な生物を生息させることを目的とした場合には、異なる環境を整備することも方法の一つと考えられる。

(3) 試験区 C

転石として生物付着基盤を設置したところ、既存の転石に付着していた生物と構成の似た生物が付着したことから、生物付着基盤として既存の転石とそん色ないことが分かった。また、試験区 C の確認種類数が増えていることから、すでに多様な生物が生息していた浅場においても、生物付着基盤を敷設することで海域の生物多様性が改善されることが分かった。

5. 今後の展開

今後、生物付着基盤を設置することによって増えた二枚貝類やホヤ類、ゴカイ類等の生物について、どの程度の水質浄化能力を有しているのかを濾水量の算定等により検証し、生物の定量的な評価手法の検討を行っていく。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、様々な視点からご助言を頂きました、横浜国立大学大学院環境情報研究院・臨海環境センター・理工学部 菊池知彦教授と横浜国立大学大学院都市イノベーション研究院 中村由行教授、国立研究開発法人港湾空港技術研究所沿岸環境研究チームリーダー 桑江朝比呂氏に心から感謝いたします。

また、調査内容、生物生息空間の検討について貴重なご意見を頂きました地環研等Ⅱ型共同研究「干潟・浅場や藻場が里海里湖流域圏において担う生態系機能と注目生物種との関係」の皆様にも厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 横浜市環境科学研究所：平成 20 年度山下公園前海域等における水質浄化実験業務委託（海域の部分浄化実験）報告書（2009）
- 2) 横浜市環境科学研究所：平成 21 年度きれいな海づくり事業（山下公園前海域における水質浄化実験）報告書（2010）
- 3) 国土交通省港湾局技術企画課技術監理室：港湾・空港等整備におけるリサイクル技術指針、
http://www.mlit.go.jp/report/press/port05_hh_000030.html（2016 年 3 月時点）
- 4) 横浜市環境科学研究所：山下公園前における水質測定業務委託（2012）
- 5) 上原直子、小市佳延、村岡麻衣子、七里浩志、川田攻、阿久津卓、渾川直子、内藤純一郎：山下公園前海域における生物生息空間の検討、横浜市環境科学研究所報、**37**、54-58（2013）