

山下公園前海域における水質改善実験

- 2008年度から2009年度まで -

上原直子（横浜市環境科学研究所）、石井彰（元横浜市環境科学研究所）

Water improvement experiment of the sea area in front of Yamashita Park.

- From 2008 to 2009 -

Naoko Uehara, Akira Ishii (Yokohama Environmental Science Research Institute)

キーワード：水中スクリーン、シェルベッド、水質改善、東京湾、貧酸素、光、酸素

要旨

横浜市中区の山下公園前海域において、港湾工事で使用されている汚濁防止膜（以後、水中スクリーンという。）を利用して海域を仕切り、赤潮や降雨に伴う水質の悪化を防ぐ「海域の部分浄化実験」を2008年度と2009年度に行った。

水中スクリーンを設置することにより、海面付近の赤潮や降雨時の濁水の流入を抑制する効果と水中スクリーンに付着生物による水質浄化効果が確認できた。護岸下（±0m）から水深3m付近までの海底には底生生物が多く生息していたが、水深5m以深では底生生物の種類数、個体数とも少なく、海底にはシルト・粘土分の多い軟泥が堆積し、海底付近は貧酸素状態になっていたことから、浄化能力を高めるために生物付着基盤の設置など、生き物の生息環境を整えることの重要性が改めて確認された。

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。横浜市の下水道の普及率は2009年度末で99.8%になっており、全下水処理量の31%は高度処理を行っているが、市民が求めるような『きれいな海』を短期間に目視等で確認できるような水質に向上させることは困難である。

本研究では海が本来持っている水質浄化能力を高めることが重要であると考え、海面付近を漂う傾向にある赤潮や降雨による濁水などの流入を抑制するために水中スクリーンによって仕切った水質浄化実験海域を設け、生き物による水質浄化効果の検討を行った。

また、山下公園前海域が平成21年8月の「2009 横浜国際トライアスロン大会」のスィム会場となることに決まったため、「泳ぐことのできる海」も重要な目標となった。

2. 過去の経緯

横浜港における水質悪化は赤潮プランクトンの増殖と降雨時の濁水が主な原因である。写真-1は赤潮が発生しているときの水中写真である。赤潮の層の下には比較的澄んだ海水があること分かる。

そこで2007年、局内アントレプレナーシップにおいて、「帆船日本丸ドック出口付近の水路内に図-1に示すような、水中スクリーンを設置し、上層部の海水の出入りを制限し、下層部の比較的澄んだ海水だけが水路内に入るようにした。その結果、水中スクリーンによって赤潮（写真-2）や降雨時の濁水（写真-3）が改善されること

が確認された。



写真-1 赤潮時の水中

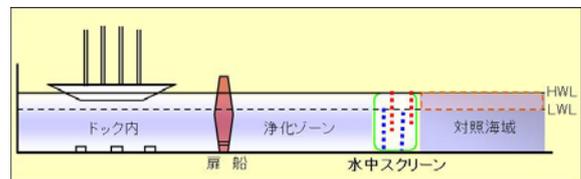


図-1 日本丸ドック内イメージ



写真-2 赤潮発生



写真-3 降雨時濁水

3. 実験位置

山下公園は図-2に示す神奈川県横浜市中区にあり、関東大震災の復興事業として瓦礫などを埋め立て造成した公園である。

2008年度に実施した海域の部分浄化実験は、平成20年7月15日から平成21年3月26日にかけて、図-3のような水中スクリーンで仕切った幅40m、奥行き80mの面積3200㎡の海域で行った。実験施設は図-4で示すように沖側の水深約4m以深で雨水による濁水や赤潮の影響が比較的少ない中層水の海水が行き来できるような構造となっている。



図-2 山下公園前実験海域



図-3 2008年度実験施設

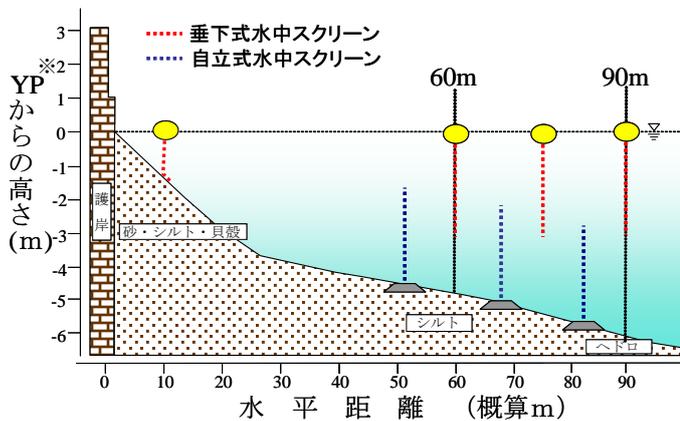


図-4 実験施設断面図

※YPとは、横浜港工事基準面のことで、海面が最も下がった状態の基準として使用される（基本水準面）。

4. 試料採取方法および調査期日

調査は図-5に示す調査地点で平成20年6月から平成21年2月まで毎月2回水質調査を行った。

生物相調査は図-6に示す地点で6月から2月にかけて毎月1回、護岸付着生物及び種類別個体数（もしくは被覆率）、底生生物の生息状況について調べた。

底質調査（表-1）は7月と12月の2回行った。

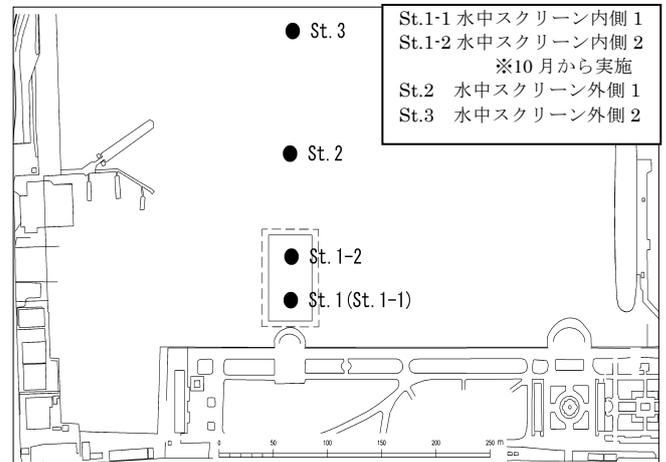


図-5 2008年度調査地点

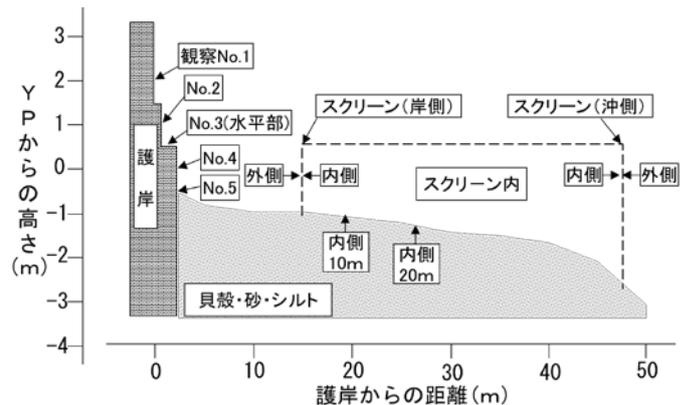


図-6 生物相調査地点

表-1 水質および底質調査方法

| 水質調査項目 | 調査方法 |
|---------------|----------------------------|
| 水温 | 棒状温度計による測定 |
| 塩分 | 海洋観測指針5.3 サリノメータ法 |
| 油膜 | 目視 |
| 透明度 | 透明度板による測定 |
| 溶存酸素(DO) | JIS K 0102 32.1 |
| 化学的酸素消費量(COD) | JIS K 0102 17 |
| 大腸菌群数 | 環告59号 別表2.1(1)備考4(最確法) |
| 糞便性大腸菌群数 | JIS K 0350-20-10 M-FC寒天培地法 |
| 底質調査項目 | 調査方法 |
| 泥温 | 棒状温度計による測定 |
| 泥色 | 標準土色帳による |
| 泥質 | 目視 |
| 泥臭 | 臭覚 |
| 混入物 | 目視 |
| 固形分 | 底質調査方法Ⅱ3 |
| 強熱減量 | 底質調査方法Ⅱ4 |
| pH | 衛生試験法・注解4.3.3 5 |
| 酸化還元電位(ORP) | 衛生試験法・注解4.3.3 9 |
| 化学的酸素消費量(COD) | 底質調査方法Ⅱ20 |
| 全窒素(mg/g) | 底質調査方法Ⅱ18 |
| 全リン(mg/g) | 底質調査方法Ⅱ19 |
| 全硫化物 | 底質調査方法Ⅱ17 |

5. 結果と考察

図-7に山下公園前の透明度の経過を示した。

水質浄化実験施設の設置後3~4か月ほど経つと、St.1-2はSt.2やSt.3と比べ、透明度が上がっていることがわかる。これは表-2に示すとおり既存護岸には、軟体動物のムラサキガイやマガキ、節足動物のイワフジツボやタテジマフジツボ等が多数付着しており、夏季から秋季にかけての成長により、大きな水質浄化能力を示したものと考えられた。また、水中スクリーンやアンカー等にも多くの生物が生育するようになったため、生物付着基盤として機能し、透明度などの海域環境の改善に寄与することが考えられる。St.1は水深が3m程度のため、底泥の巻き上げが起こる事から低い値が出ている。

写真-4は水平方向の透明度を調べたものである。このとき、スクリーンの外側では3m程度だが、スクリーンの内側では5m以上の水平方向の透明度があった。スクリーン設置による透明度向上を確認することができた。

底質調査結果を表-3に示す。山下公園前の護岸は石積形式であり、表面にはマガキやフジツボ類、ムラサキガイなどの付着生物が確認された。護岸下には護岸から脱落したマガキやムラサキガイなどの貝殻が堆積したシェルベットが形成しており、混入物のデータからも貝殻が多いことが分かる。

このシェルベットのあるSt1ではCODは4.6 mg/gと最も低い値を示している。

一方、水深の深いSt2やSt3では細砂、シルト、粘土分を主体に構成されており、それらの場所ではCODも33.3~45.0 mg/gと高い傾向となっている事から、雨水時に海域に流出した濁水や有機分は流れの緩やかな場所で捕捉され堆積していると考えられる。

St.2およびSt.3では水深が3m~5mになり、貝殻とシルト・粘土分を多く含む底泥が混在している。底質はほとんどがシルト・粘土分の底泥となり、水深が深くなるにつれて有機汚濁が進んだ海底となっている。水深が深くなるSt.3付近では、ORPの結果から、還元的な底泥で夏季に貧酸素状態となつていた。このことから、硫酸還元菌等の貧酸素状態でも生息可能な生物に限られてしまうものと考えられる。

そのため、さらに水質を向上させるためには生物付着基盤の設置は通年で溶存酸素量が確保できる水深に設置した方が、より多様かつ豊富な付着生物の生息環境を創造できると考える。さらに、貝殻などでヘドロ状の軟泥を覆うことにより、栄養塩類の溶出削減や貧酸素水塊の発生抑制を行うとともに、新たな底生生物の定着を促進させ、海域環境の改善に寄与できると考えられる。

図-8に山下公園前の大腸菌群数濃度変化を示す。降雨時は大腸菌群数が増えるという傾向がある。赤潮や降雨による濁水は、海面付近を漂う傾向にあることから、水中スクリーンで仕切った海域の中は降雨時であっても大腸菌群数の濃度が基準値以下(1000個/100ml)であることが確認できた。また、ムラサキガイなどの濾過性2枚貝が水中スクリーンに多く付着していることもあり、透明度の改善に顕著な効果がみられたと考えられる。ただし、水中スクリーンの設置に伴い、周辺海域の流況を

変化させ、滞水や浮遊ごみの溜まりが出来るなどの現象もあり、構造や設置方法、設置位置の決定は十分な配慮が必要であると考えられた。

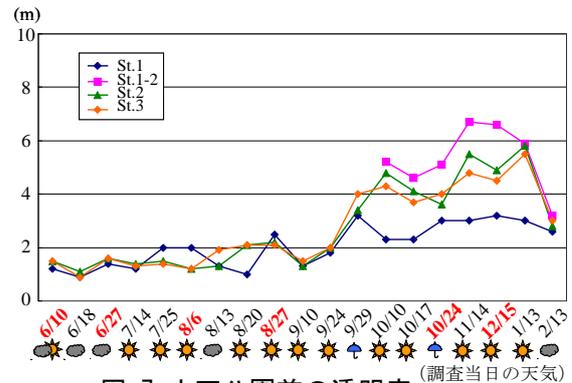


図-7 山下公園前の透明度

※赤字は調査日前日に降雨があったことを示す。
※St.1は水深が3m程度しかなく、底泥の巻き上げが起こる事から低い値が出ている。



写真-4 水平方向の透明度

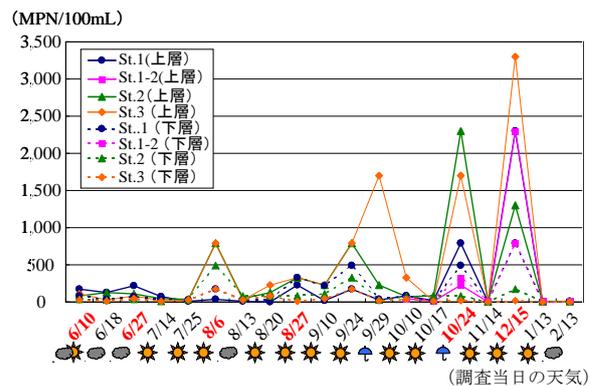


図-8 山下公園前の大腸菌群数濃度変化

※赤字は調査日前日に降雨があったことを示す。

表-2 生物調査結果

| 対象水域-調査地点 | | 山下公園前海域 | | | | | | | | | | |
|-----------------|------------|----------------|------|------|------|------|-----------|----|-------|-------|-----------|----|
| 調査日 | | 平成20年11月14日(金) | | | | | | | | | | |
| 開始時刻 | | 08:40 | | | | | | | | | | |
| 終了時刻 | | 09:50 | | | | | | | | | | |
| 天候 | | 曇り | | | | | | | | | | |
| 気温 | | 13.1℃ | | | | | | | | | | |
| 水温 | | 16.4℃ | | | | | | | | | | |
| 水色 | | 暗緑色 | | | | | | | | | | |
| 透明度 | | 着底(2.5m) | | | | | | | | | | |
| 観察No. | 護岸からの距離(m) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | スクリーン(岸側) | | 内側10m | 内側20m | スクリーン(沖側) | |
| | | 0 | 0 | 1 | 3 | 3 | 外側 | 内側 | | | 内側 | 外側 |
| Y. P. からの高さ(m) | | 2.0 | 1.0 | 0.5 | 0.0 | -0.5 | - | - | -2.0 | -2.2 | - | - |
| 当時水深(m) | | 0.6 | -0.4 | -0.9 | -1.4 | -1.9 | - | - | -3.4 | -3.6 | - | - |
| 【底質状況(%)】 | | | | | | | | | | | | |
| 護岸ブロック(コンクリート) | | 100 | 100 | 100 | 100 | | | | | | | |
| 砂 | | | | | | 50 | - | - | 70 | 70 | - | - |
| シルト | | | | | | 10 | - | - | 10 | 10 | - | - |
| 貝殻 | | | | | | 40 | - | - | 20 | 20 | - | - |
| (合計) | | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | - | - | 100 | 100 | - | - |
| 【固着性(定着性)動物(%)】 | | | | | | | | | | | | |
| イソギンチャク目 | | | | | | | | | R | | R | R |
| イワフジツボ | | 10 | | | | | | | | | | |
| 海綿動物門 | | | | | | R | | | | | R | R |
| カンザシゴカイ科 | | | | R | R | | | R | | | R | R |
| カンザシゴカイ科(海底堆積) | | | | | | R | | | R | R | | |
| コウロエンカワヒバリガイ | | | R | R | R | | 10 | | | | | |
| シロスジフジツボ | | | | | | | | | | | | |
| シロボヤ | | | | R | R | | R | R | | | 10 | R |
| タテジマフジツボ | | | R | | | | | | | | | |
| ナミマガシロガイ | | | | | | | R | R | | | | R |
| バラヌス属 | | | 10 | R | | | | | | | | |
| マガキ | | R | R | | 20 | | | R | | | | |
| マンハッタンボヤ | | | | | | | | R | | | R | 80 |
| ミドリイガイ | | | R | 10 | R | | 30 | | | | 50 | 80 |
| ミドリイガイ(海底堆積) | | | | | | R | | | | | | |
| ムラサキイガイ | | R | 90 | 90 | 60 | | | | | | | |
| ムラサキイガイ(海底堆積) | | | | | | R | R | | | | | |
| 【移動性動物(個体)】 | | | | | | | | | | | | |
| アカニシ | | | | 1 | 20 | 10 | 1 | 1 | | | | |
| アラレタマキビガイ | | 20 | | | | | | | | | | |
| イシガニ | | | | | 1 | | | | | | | |
| イトマキヒトデ | | | 1 | 1 | 3 | | | | | 2 | | |
| イボニシ | | | | | 2 | | | | | | | |
| イワガニ科 | | | 2 | | | | | | | | | |
| サンショウウオ | | | 1 | 3 | 1 | | | | | | | |
| シマメノウスネガイ | | | | 2 | 100 | 30 | | | 3 | | | |
| タマキビガイ | | 80 | | | | | | | | | | |
| マナマコ | | | | | 2 | | | | | | | |
| 【海藻類(%)】 | | | | | | | | | | | | |
| イギリス目 | | | R | | | | | | | | | |
| 【魚類(個)】 | | | | | | | | | | | | |
| ハゼ科 | | | | 1 | 2 | 10 | | | 2 | 5 | | |
| メバル(幼魚) | | | | | 1 | | | | | | | |

単位：底質状況、固着性動物、海藻類は被覆率%を示す。なお、被覆率Rは5%未満を示す。移動性動物、魚類は個体数/m²を示す。

注 1：出現種は五十音順に配置した。

2：「バラヌス属」は、シロスジフジツボ、タテジマフジツボ、アメリカフジツボ、ヨーロッパフジツボ、ドロフジツボなどで識別が困難だったものを示す。

3：スクリーン内外では全体的な平均被度を記録した。

表-3 底質調査結果

| 調査項目 | St.1-1 | | St.1-2 | | St.2 | | St.3 | |
|------------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 6月27日 | 8月20日 | 6月27日 | 8月20日 | 6月27日 | 8月20日 | 6月27日 | 8月20日 |
| 泥温 | 22.8 | 28.8 | - | 28.7 | 22.1 | 25 | 19.1 | - |
| 泥色 | 灰オリーブ黒 | オリーブ黒 | - | 黒 | 黒 | 黒 | 黒 | - |
| 泥質 | 砂 | 砂シルト | - | 砂シルト | シルト | シルト | シルト | - |
| 泥臭 | 微海藻臭 | 微海藻臭 | - | 微海藻臭 | 硫化水素臭 | 硫化水素臭 | 硫化水素臭 | - |
| 混入物 | 貝殻多 | 貝殻多 | - | 無し | 無し | 無し | 無し | - |
| 固形分 | 68 | 66.4 | - | 54 | 31.7 | 30.8 | 18.7 | - |
| 強熱減量 | 3.8 | 9.9 | - | 9.5 | 10.2 | 12.4 | 13.5 | - |
| pH(-) | 8 | 8.3 | - | 8.3 | 8.2 | 8.4 | 8.4 | - |
| ORP(mV) | 100 | 86 | - | 8 | -33 | -110 | -179 | - |
| COD(mg/g) | 4.6 | 8.2 | - | 9.6 | 33.3 | 39.8 | 45 | - |
| 全窒素(mg/g) | 0.99 | 0.66 | - | 0.39 | 2.9 | 1.8 | 3.3 | - |
| 全リン(mg/g) | 0.45 | 0.32 | - | 0.45 | 0.75 | 0.7 | 0.8 | - |
| 全硫化物(mg/g) | <0.1 | 0.2 | - | 0.2 | 1.1 | 0.9 | 2.2 | - |

6. 結論および今後の課題

2008 年度調査により改善効果が確認できたことから、2009 年度は同海域において、図-9 のように対象海域を約 6ha に拡大して実施した。水中スクリーンの適切な管理を行うことで降雨時でも、表-4 の水浴場水質判定基準の「可」以上の水質を満足することができた。また、水中スクリーン内で「2009 横浜国際トライアスロン大会」のスイム競技を行う事ができ、海外の選手からも異臭も無く、透明度も高い泳ぎやすい海だったとの感想を聞くことができた（写真-5）。

今後は、砂浜や浅場の造成および生物の生息に有効な形状や材質の生物付着基盤を人為的に設置するなど、生き物の目線での環境改善が水質浄化の重要な要素であることが考えられる。また、ヘドロの海底の底質改善が必要だと考えられ、港湾の利用計画と整合を図りながら検討していく必要がある。



写真-5 2009 横浜国際トライアスロン大会



図-9 2009 年度 実験施設

表-4 水浴場水質判定基準

| 区分 | ふん便性大腸菌群数 | 油膜の有無 | COD | 透明度 |
|----|-------------------|--------------|---------------|---------------|
| 適 | 水質AA | 油膜が認められない | 2mg/L以下 | 全透(1m以上) |
| | 水質A | | | |
| 可 | 水質B | 常時は油膜が認められない | 5mg/L以下 | 水深1m未満～50cm以上 |
| | 水質C | | 1000個/100mL以下 | |
| 不適 | 1000個/100mLを超えるもの | 常時油膜が認められる | 8mg/L超 | 50cm未満 |

参考文献

- 1) 水尾寛己、小市佳延、下村光一郎、西栄二郎、木村 尚：日本丸ドックにおけるカキによる水質浄化，横浜市環境科学研究所報，32，P.5-8（2008）
- 2) 貝殻利用研究会：貝殻の活用による水域環境の再生・保全 貝殻が海を救う！！，小冊子（2010）