

堺泉北港堺2区における生物共生型護岸の実証実験について

井口 薫

近畿地方整備局 神戸港湾空港技術調査事務所 調査課 (〒651-0082 神戸市中央区小野浜町7番30号)

堺泉北港堺2区は、海水の停滞性の強い大阪湾奥部に位置しているため、周辺海域の水質汚濁が進行している。この様な中、海域環境改善の一方策として、環境と共生する港湾を整備し、生物の生息環境の形成を図ることを目標に、現地実験により生物共生型護岸の環境改善効果等について検証するため、当地区において、2009(H21)年度に3タイプの護岸断面の生物共生型護岸が築造された。

本研究では、生物共生型護岸のモニタリング内容と評価、市民連携等について考察を行う。

キーワード 海域環境, 生物共生型護岸, モニタリング, 市民連携

1. はじめに

護岸や防波堤等、海岸を守る施設は直立式で整備されているところが多く、砂浜や岩礁と違い、潮間帯に生息する多くの生物が定着しにくい構造となっている。そこで護岸の老朽化対策や耐震性向上とあわせて護岸に、干潟等の機能を持たせる生物共生型護岸の整備を行い、生物相の改善効果等を調査する実証実験が、堺泉北港堺2区で取り組まれている。

本論文は、その取り組みについて報告するものである。

2. 実験場所について

実験場所である堺泉北港堺2区は、大和川河口部の南に位置し、鉾津等により築堤された護岸等による埋立地である。護岸の前面水深は、かつて大型船の泊地であったため、-15m程度と深い。

当該地区は、水質汚濁が著しい大阪湾奥部でも、特に埋立地に囲まれているため、地形的に海水の停滞性が強い閉鎖海域となっている。

一方、大和川河口部は、海水と淡水が入り混じった汽水域であり、浅場や海浜の整備などにより多様な生態系が期待される海域でもある。

生物共生型護岸は、2009(H21)年12月末に完成し、翌年の2010(H22)年1月から継続的に海生生物等のモニタリング調査が行われている。



写真-1 堺泉北港堺2区

3. 実験断面について

堺2区の海域特性、形状の普及性等を踏まえ、既存護岸の前面に前出しする構造で「ブロック型」、「干潟型」、「捨石緩傾斜型」の3つの護岸タイプを設置し、環境改善効果の評価が比較ができるように各々の延長は約40~50mとした。¹⁾

(1)ブロック型護岸

護岸に生物の生息空間(魚礁ブロック及びカゴ枠)を設けることにより、多様な生物相の創出を期待した。

(図-1, 写真-2, 3)

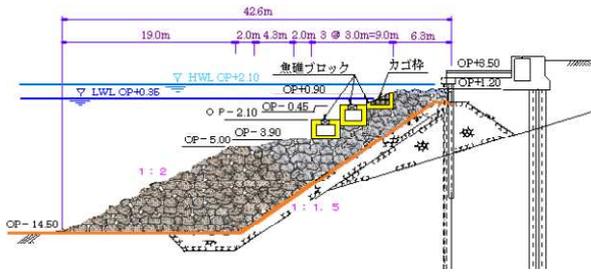


図-1 ブロック型護岸断面図

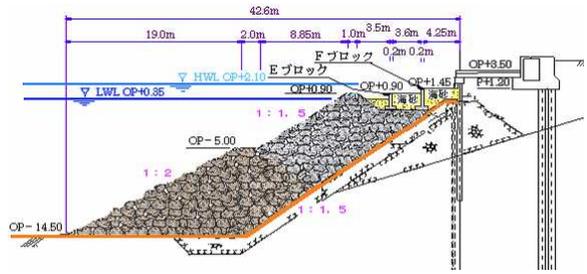


図-3 干潟型護岸断面図



写真-2 カゴ枠



写真-4 階段状の干潟



写真-3 魚礁ブロック

(2)捨石緩傾斜型護岸

捨石緩傾斜護岸は、岩礁に近い環境機能を有しており、関西国際空港の捨石緩傾斜護岸に代表されるように、環境にやさしい護岸として、海藻類や付着動物の生息を期待した。(図-2)

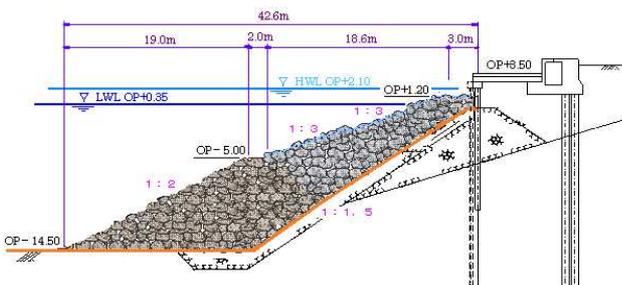


図-2 捨石緩傾斜型護岸断面図

(3)干潟型護岸

潮間帯付近に干潟部を設置することで、砂泥性のゴカイ類、二枚貝類やカニ類などの生息を期待した。干潟は海砂を投入し、水深を変化させた3段の階段状にした。(図-3, 写真-4)

4. モニタリング 調査結果

(1)干潟型護岸の測量・粒度組成・酸化還元電位調査

「干潟型護岸タイプ」の干潟部については、構造上、沈下や波浪による干潟砂面の流出等の変動が考えられるため、護岸の測量、砂泥の粒度組成調査及び酸化還元電位(砂泥中に含まれる酸素量の目安)測定を行った。

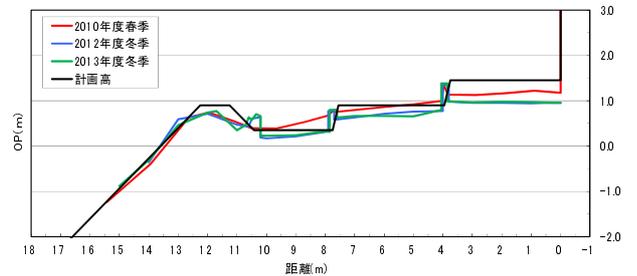


図-4 干潟部の測量結果

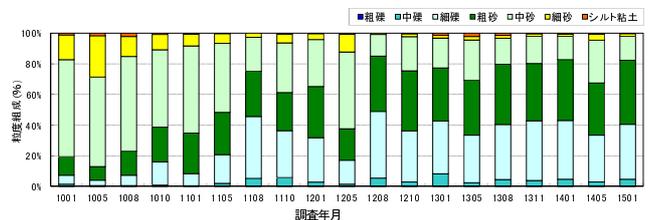


図-5 干潟部の粒度組成

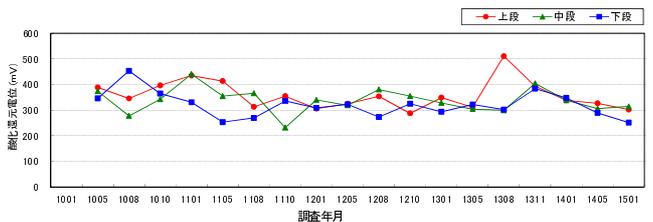


図-6 干潟部の酸化還元電位

干潟部は竣工後から上段，中段，下段とも0.1～0.4m程度，砂面が沈下していた。測定の結果を図-4に示す。

干潟部は粗粒分の割合が増加する傾向がみられ，この要因としては，砂面が沈下していたことから細粒分の流出が考えられる。粒度組成調査の結果を図-5に示す。

酸化還元電位は200mV以上で生物生息環境の酸素量としては良好を保っている。²⁾ 酸化還元電位を図-6に示す。

(2)生物生息状況

1) 植物

植物の生息状況は3つの護岸タイプ間で差はほとんどみられず，3タイプの護岸ともに投入している巨礫(10～200kg)部分の-5m程度まで，表-1に示すとおり，10～15種類が出現した。主な出現種は，珪藻綱，藍藻綱，アオノリ属，シオグサ属やイトグサ属である。また，準絶滅危惧種である海藻のホソアヤギヌもみられた。

表-1 植物の出現種類数

年度	2010	2011	2012	2013	2014
種類数	11	15	14	10	12



アオノリ属(緩傾斜部)



ホソアヤギヌ(緩傾斜部)



コウロエンカワヒバリガイ



ヤマトシジミ(干潟部)

写真-5 植物の出現種の例

(緩傾斜部)

写真-6 動物の出現種の例

2) 動物

付着生物等のうち動物の生息状況を図-7に示す。動物は，軟体動物としては主に貝類，環形動物としては主にゴカイ類，節足動物としては主にエビ・カニ・フジツボ類が，種類数・個体数とも生物共生型護岸の造成後の1年目で大きく増加し，2年目以降ではやや緩やかになったものの，順調に動物が増加した。2年目以降は，春に多く，水環境の悪化する夏に減少する季節変動が見られた。

ブロック型と捨石緩傾斜型の動物生息状況は，種類数・個体数・湿重量とも似かよっており，ともに投入している巨礫(10～200kg)部分の-5m程度までに，岩礁性の海岸の動物が生息している。主な出現種は，付着性動物の代表的な種のコウロエンカワヒバリガイ，ヨーロッパフジツボやアメリカフジツボ等である。

一方，干潟型の動物生息状況は，砂質干潟の生物相を呈し，ゴカイ類，貝類，エビ・カニ類等の出現がみられ，準絶滅危惧種であるヤマトシジミもみられた。

なお，干潟型においては，動物は種類数・個体数・湿重量ともに他の護岸タイプより少ないが，基質が砂であ

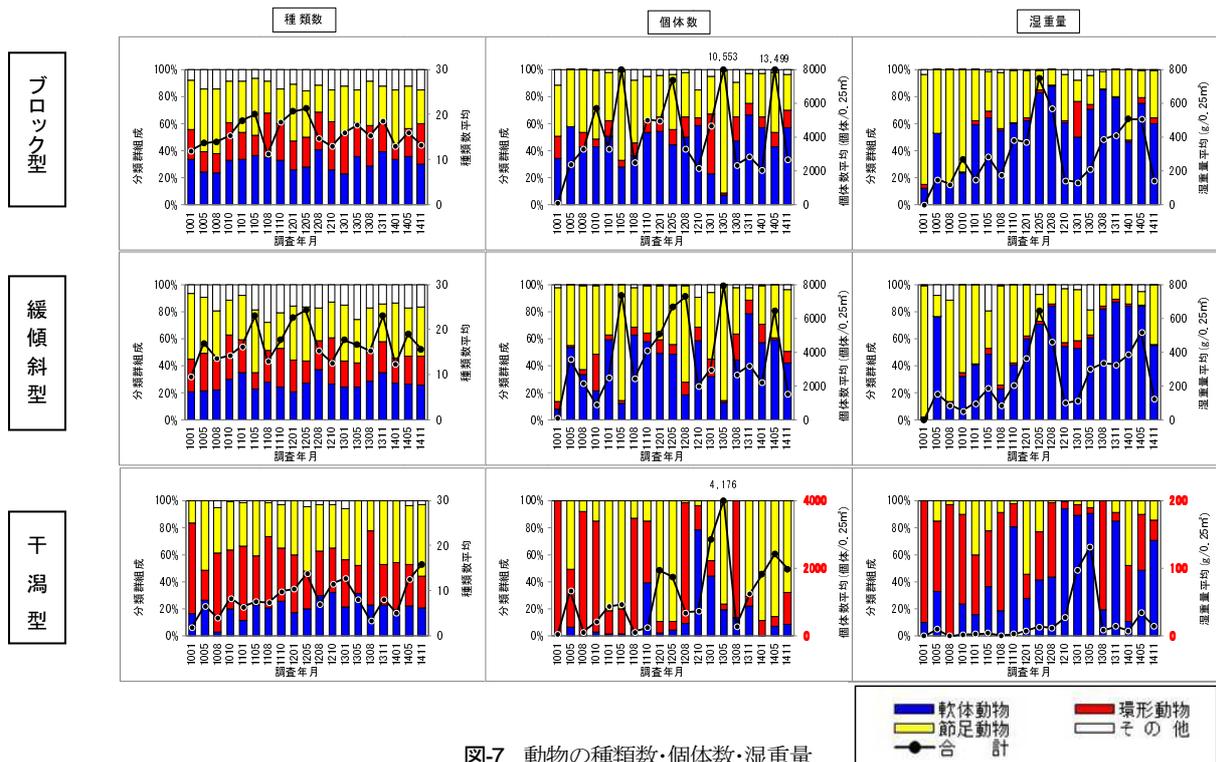


図-7 動物の種類数・個体数・湿重量

ることから、付着性の動物が主体であるブロック型・緩傾斜型とは異なってゴカイ類やエビ等の表在性・埋在性の動物が主となった生物相を呈しているためである。

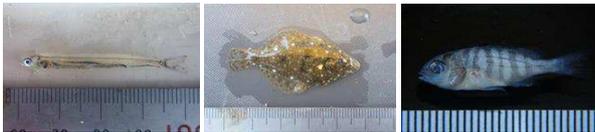
3) 魚介類

春季の干潟型の小型地曳き網を潜水士により曳網した魚介類採取調査結果では、表-2に示すとおり、9~17種類が出現し、ボラ、クロダイ、マハゼ等が多く採取された。この他、個体数は少ないが、アユ、ウナギ(準絶滅危惧種)やイシガレイの幼稚魚も確認され、干潟型を一時的な生育の場として利用している様子がみられた。

一方、ブロック型と緩傾斜型での小型地曳き網による魚介類採取調査結果では、魚介類の出現は1種類(2013(H25)年度)、4種類(2014(H26)年度)とわずかであった。

表-2 春期の干潟型の魚類採取調査による出現種類数

年 度	2010	2011	2012	2013	2014
種類数	17	15	12	9	15



アユ イシガレイ クロダイ

写真-7 魚類の出現種の例(すべて干潟型の幼稚魚)

(3)各護岸タイプごとの生物生息状況の評価

モニタリング結果から、3つのタイプの護岸の生物生息状況の評価は、2つに大別できる。

ブロック型と捨石緩傾斜型の生物生息状況は、種類数・個体数・湿重量とも似かよっており、内湾の岩礁性の海岸の生物が生息している。

一方、干潟型の生物生息状況は、砂質干潟の生物相を呈している。

1) 干潟型護岸の評価

砂質干潟特有の出現生物として、厳しい水環境にもかかわらず、期待どおり、ゴカイ類、貝類、エビ・カニ類等の出現が見られた。

また、ボラ、マハゼ等の魚類やアサリ、ヤマトシジミなどの貝類等の汽水域としての生物も見られた。

生物生息機能として、多くの種類・個体数の魚類の生息が認められたが、とりわけ、幼稚魚の一時的な生息機能がみられアピール性が高いものと言える。

2) 捨石緩傾斜型護岸の評価

内湾の岩礁性特有の植物や動物の生物生息状況が見られた。

なお、堺2区の捨石緩傾斜型の生物生息状況は、先行事例である同じ大阪湾の関西国際空港の捨石緩傾斜護岸に較べて、生物相の多様性は少なかった。

これは、同じ大阪湾でも関西国際空港の捨石緩傾斜護岸は南部の外洋に近い水環境の清浄な海域に位置しており、カジメ等の大型海藻の海中林を形成することができ、そのような海中林に棲みつく巻貝類やメバル等の魚類もいる生物相であるが、堺2区では水環境が内湾性で厳しく、生息できる種類に制約があることや、海藻では珪藻綱、藍藻綱等の小型海藻を主体とした空間的な多様性の乏しい生物相が一因と考えられる。

3) ブロック型護岸の評価

ブロック型護岸の生物生息は、捨石緩傾斜型と種類数・個体数・湿重量とも似かよっており、内湾の岩礁性の植物や動物の生物生息状況が見られた。

なお、ブロック型は魚礁を設けたが、魚類の蟄集は、小型地曳き網を潜水士により曳網した魚介類採取調査及び潜水士による目視観察では明瞭には認められなかった。

これは、魚類の忌避行動(潜水士が近寄ると逃げてしまうなど)が観察されていることから、別の調査方法を工夫する必要がある。潜水士による調査以外の方法としては、地曳き網ではなく魚礁を取り巻くように定置網(刺網等)を設置した漁獲調査、魚礁に無人VTRカメラを取り付けて魚群行動を記録する調査等の事例³⁾があるが、今後の課題である。

(4) 水質調査の概要と生物相との考察

生物共生型護岸における水質調査は、2011(H23)年度と2012(H24)年度に、5月、11月、1月に各1回、6~8月は数週間ごとに調査頻度を密に実施した。水質調査の結果は、季節的な変動のみならず、6~8月の調査頻度を密にした調査でも週によってはデータに開きがあるなど、短期的な変動もしばしば見られた。

以下に水質調査の各項目ごとの結果の概要を示す。

- ① 塩分は、表層部分(概ね海面下2m以浅)で極端に低い値となっている回次が多く確認され、表面では、1(無単位:塩分濃度計により海水の電気伝導度から塩分を測定したため)程度の場合もあり、これは大和川からの河川水の淡水による影響等が考えられる。
- ② DO(溶存酸素)は、5月調査開始時は水深6m付近以深から貧酸素状態(DO飽和度40%以下程度⁴⁾)、水深11m付近以深が無酸素状態となっていた。6月前半から8月後半までは水深4m付近以深で貧酸素あるいは無酸素状態となっていた。
- ③ 濁度は、概ね、上層が下層より高い結果となり、場合によっては、表層は50度・カオリン程度と極端に高く、これも大和川からの河川水による影響等が考えられる。
- ④ 相対光量子密度は、表層部分(概ね海面下2m以浅)では、水中に到達する相対光量子密度の低下が確認された。補償深度(海藻等が光合成

して自身が必要とする有機物を作るために、ある一定量以上の光の明るさが届く深度)は、生物によって異なるが、一般に海面が受ける光の0.1~1%の相対光量子密度の光の届く層であるとされている。⁵⁾生物共生型護岸では、補償深度の相対光量子密度を1%とすれば、概ね、補償深度が海面下2~6mまで上昇する結果となった。

- ⑤ 透明度は、概ね1m~2.5mであった。透明度と補償深度の関係式については、表層の光の1%の相対光量子密度が到達する深さは透明度を2.7倍して求められることが経験的に知られている。⁶⁾この関係式を当てはめた場合、補償深度は海面下約2.7~6.8mになり、相対光量子密度から求めた補償深度と良く整合する。

以上の水質調査の結果から、生物共生型護岸の位置する海域の水質は生物生息環境の特徴として、次のとおり考察できる。

- ・大和川の淡水による影響の他、気象擾乱等によって海水の流れの一時的变化等が原因と考えられる水質の変動が大きい。
- ・塩分等のデータから表層付近に密度躍層が形成されやすいと考えられ、そのため海水の貧酸素水塊、または無酸素水塊が発生し、夏場は水深4m以深で貧酸素、無酸素状態となる。
- ・水中照度が悪く、補償深度は概ね海面下2~6mである。

一方、生物相と水質環境との考察としては、(2).1)及び(2).2)で述べたように、植物(海藻)及び付着動物は-5m程度までしか生息しておらず、その原因は水質調査の結果から、海水の貧酸素・無酸素化及び補償深度により説明できる。

(5)生物相の遷移の考察

大阪湾で藻場を創出し長期間モニタリングした事例としては関西国際空港の捨石緩傾斜護岸の事例がある。その事例では生物相の遷移が8年程度で極相(ピーク)に至った。⁷⁾

しかし、堺2区の本生物共生型護岸の5年間のモニタリング結果では、種類数の変化が小さくなったこと、主な出現種の構成や分布が安定的になったことなど、一見極相に近い状態を示唆する現象が見られるが、未だ明瞭には現れていないと考察される。

その理由として、同じ大阪湾でも南部の外洋に近い関西国際空港と湾奥部の堺2区とは水環境の大きな違いがあり生物相も異なることから、このまま明瞭な極相を迎えずに遷移する可能性もあるが、今後も遷移を継続的にモニタリングする必要がある。

5. 生物共生型護岸の市民連携

生物共生型護岸の完成直後の2012(H22)年度から、市民の方々による生き物観察会やモニタリング調査が行われている。ここではそれらの市民連携について紹介する。

(1) 市民連携を促進するWGの設置

堺2区生物共生型護岸は、堺市域において市民が海に触れあえる貴重な場になっている。そこで、学識研究者、関係自治体、漁業関係者、市民団体、周辺企業などで構成する「堺2区生物共生型護岸における市民連携・協働のあり方を検討するワーキンググループ」(以下、「WG」と言う。事務局:神戸港湾空港技術調査事務所)を設置して、市民利用、市民調査(市民が主体となったモニタリング調査)の促進、さらには市民連携・協働についての方策を関係者で議論した。

(2)市民による友海ビーチの命名

WGの議論で、市民から生物共生型護岸の愛称を公募することが提唱され、全13通の応募から2011(H23)年9月11日「友海(ゆかい)ビーチ」に決定された。



写真8 「友海(ゆかい)ビーチ」命名式

(3) 市民調査・市民連携

堺2区生物共生型護岸では、WGの提言を受けて市民利用・観察会・市民調査を促し、その結果、参加者・見学者が2013(H25)年度は約280名、2014(H26)年度は約170名あり、堺市域のみならず、大阪府沿岸の北部域の貴重な人が立ち入れる、砂質干潟及び大小の捨石を設置した岩礁性海岸から構成される多様な海岸環境の観察の場として活用されている。

市民による生き物観察会や市民調査では生物共生型護岸の多様な環境を反映し、干潟及び岩礁に棲んでいる生き物や海に棲んでいる生き物のみならず、大和川河口の汽水域に位置しているため汽水に棲んでいる生き物、大雨の後には川や沼に棲んでいるフナ属、メダカなどの生き物もみられ、神戸港湾空港技術調査事務所が実施している生物調査を補完する役割を果たしている。



写真-9 市民調査の様子



写真-10 干潟の生き物観察



写真-11 岩礁の生き物観察

市民調査のうち、例年6月初旬頃に実施されている「大阪湾生き物一斉調査」について紹介する。^{8) 9)}

堺2区生物共生型護岸の生き物一斉調査では、公益社団法人大阪自然環境保全協会、NPO法人釣り文化協会等が主体となり、マガキやユビナガホンヤドカリ、スズキ等の生き物が確認されており、種類数は2013(H25)年度が45種類、2014(H26)年度が43種類であった。これは、神戸港湾空港技術調査事務所の調査の46種類(2014(H26)年度結果)とほぼ同等である。

また、生き物一斉調査では大阪湾の海岸生物に詳しい大阪湾海岸生物研究会、大阪市立自然史博物館等の学術専門家の協力を得て、種の同定をして調査精度を確保している。

生き物一斉調査の参加者の感想としては、「大阪湾をもう少しきれいにしていきたいと思います。」、「人工の場所にこれほど生き物がいることに驚きました。」などの声が寄せられた。

今のところ、生き物一斉調査をはじめ堺2区生物共生型護岸における市民調査からは、次の3点の市民連携の成果が得られた。

- ① 大阪湾の生物に関する専門家との協力・連携
- ② 大阪湾に対する住民意識の醸成
- ③ 市民団体ネットワークを通じた大阪湾の生物に係る知識・調査ノウハウの水平展開

今後も市民団体、市民、学識者、行政等がそれぞれの特徴を活かして調査に参加することにより、よりいっそうの多様な主体の協働・連携による調査については環境保全などの活動にも向けた方策を検討していきたい。

6.おわりに

本研究では、3タイプの生物共生型護岸の有効性を、実証実験のモニタリング結果から述べた。生物の加入は、1年目から認められ、アピール性の高い準絶滅危惧種の高齢類のホソアヤギヌや貝類のヤマトシジミ、魚類のウナギも出現した。干潟タイプ護岸では、春季にはアユ等の幼稚魚も確認されている。堺2区は大和川の河口に位置していることから、海と川のネットワークが発揮され、アユ等が遡上することを期待したい。

本研究は、大阪湾のなかでも著しく劣悪な水環境と考えられる堺東北港堺2区における5年間の生物相のモニタリング結果をとりまとめたものであり、当該海域と同様に劣悪な水環境の海域での環境や生物相の改善検討の一助となれば幸甚である。

市民調査をはじめとした市民連携は、着実に成果をあげてきているが、現在のところ生物共生型護岸への市民の立ち入りは、安全上や、公物管理の観点から、神戸港湾空港技術調査事務所の職員の立ち会いのもとで行っている。この施設の将来的な市民開放に向けての検討は別途必要と考えられる。また、市民調査などの結果のレビューはHP等で行っているが、もっと地元をはじめ広く一般市民に届くような工夫も課題である。

謝辞: 本研究を進めるにあたり、「大阪湾見守りネット」会員 藤井清香氏をはじめとする関係各位から貴重な助言を頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 高木裕子: 生物共生型護岸による港湾の環境改善について、2010年度近畿地方整備局研究発表会論文集(調査・計画・設計部門I)
- 2) 風呂田利夫: 干潟生態系の特徴と底生動物調査法、2001年度第1回日本環境アセスメント協会技術セミナー講演録
- 3) 片山貴之, 加村聡, 原口浩一, 伊藤靖: 貝殻魚礁における魚類の摂餌状況、2008年度日本水産工学会学術講演会講演論文集, pp.83-86, 2008.
- 4) 中嶋昌紀: 大阪湾東部沿岸域における貧酸素水塊について、大阪府立水産試験場研究報告 第9号, 1995
- 5) 徳田廣, 大野正夫, 小河久朗: 海藻資源養殖学, pp.20
- 6) 西澤一俊, 千原光雄: 藻類研究法, pp.439
- 7) 日下部敬之: 海藻・稚魚にとっての人工護岸、2008年度日本水産学会近畿支部前期例会シンポジウム, 2008年7月
- 8) 橋本愛: 「大阪湾生き物一斉調査」における協働のあり方について、2013年度近畿地方整備局研究発表会論文集(地域づくり・コミュニケーション部門)
- 9) 近畿地方整備局: 大阪湾生き物一斉調査情報公開サイト, <http://kouwan.pa.kkr.mlit.go.jp/kankyo-db/life>