

護岸形状と沿岸生物

大阪湾奥部におけるフェニックス埋立処分場護岸の生物育成機能



平成 23 年 3 月

大阪湾広域臨海環境整備センター
財団法人 ひょうご環境創造協会

目 次

第1章 序論	1
1. 調査の背景と目的	1
2. 今まで実施した調査の概要	2
第2章 処分場護岸に分布する生物の種類数	8
1. 海藻	8
2. 付着動物	9
3. 魚類	10
4. 大阪湾の他の人工護岸との比較・評価	11
第3章 護岸形状に着目した処分場護岸の生物の分布状況の特徴	15
1. 尼崎沖処分場	15
2. 泉大津沖処分場	16
3. 神戸沖処分場	18
4. 大阪沖処分場	20
5. 分布状況による評価	22
第4章 処分場護岸の主要海藻の分布量	24
1. 現存量	24
2. 年間生産量とCNP固定量	26
3. 分布量による評価	29
第5章 総括	35

第1章 序論

1. 調査の背景と目的

大阪湾広域臨海環境整備センター（通称「大阪湾フェニックスセンター」：以下「センター」という。）は、廃棄物の適正な海面埋立てによる処理と港湾の秩序ある整備を図る目的で制定された広域臨海環境整備センター法に基づき設立され、近畿2府4県の広域処理対象区域から発生する廃棄物の海面埋立を行っています。

センターが保有する処分場は、平成元年度から廃棄物の受入を開始した尼崎沖処分場を皮切りに、平成3年度開業の泉大津沖処分場、平成13年度開業の神戸沖処分場、平成21年10月開業の大阪沖処分場と、合計4ヶ所あります。

これらの処分場はいずれも大阪湾の貴重な海面を埋立てて造られたもので、特に神戸沖及び大阪沖処分場については、その環境アセスメントにおいて護岸を海生生物の生育・生息環境に配慮した構造とすることが提唱され、処分場護岸の一部に緩傾斜護岸が採用されました。

センターでは、これら処分場護岸での海生生物の生育・生息状況、藻場の分布状況等の調査を平成18年度より5年間にわたり実施し、調査委託先に設けた「海生生物評価委員会（委員長：中原紘之元京都大学大学院教授）」においてその評価を行ってきました。

本レポートは、この5年間の調査データから、緩傾斜護岸がもたらす海域環境の再生・創造の効果について、従来型の直立護岸や消波ブロックを用いた傾斜護岸と比較しつつ可能な範囲で定量的に評価を行った結果をわかりやすくまとめたものです。

2. 今まで実施した調査の概要

平成 18～22 年度の5か年間、神戸沖、尼崎沖、大阪沖及び泉大津沖の4つの処分場（図 1－1）において、直立護岸（図 1－3）、傾斜護岸（図 1－4）及び緩傾斜護岸（図 1－5）の3つの護岸形式（図 1－2）を対象に、海生生物に関する現地調査を実施した。

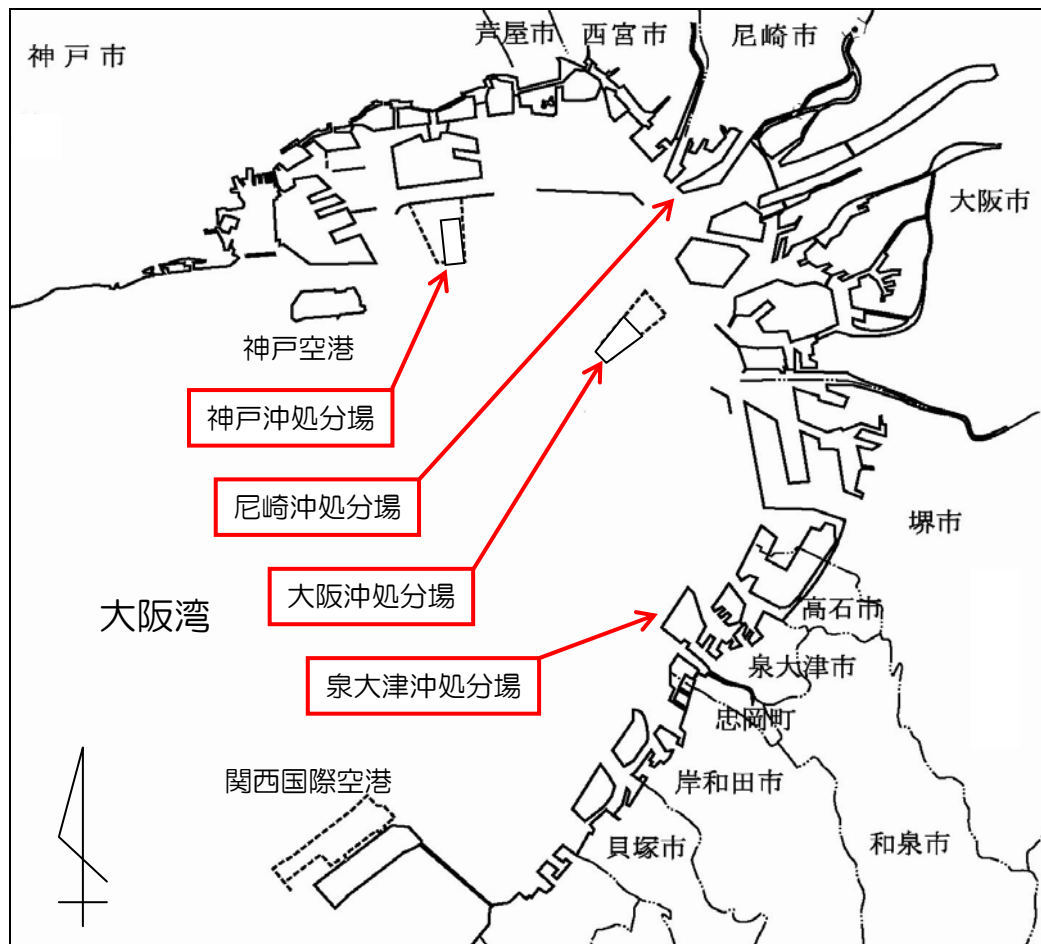


図 1－1 調査場所



図 1－2 調査対象とした3つの護岸形式

〔直立護岸：図１－３〕

直立護岸は護岸面が水平面に対して 90° の護岸であり、垂直護岸とも呼ばれる。コンクリート製のケーソンが多く、消波用のスリット構造、矢板や鋼管セルの場合もある。

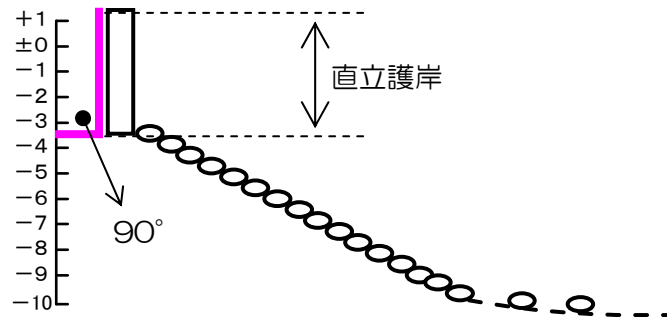


図１－３ 直立護岸の断面形状

〔傾斜護岸：図１－４〕

傾斜護岸は護岸面が水平面に対して約 37° （ $1:4/3$ ）の護岸である。コンクリート製の消波ブロックが積まれており、消波ブロック護岸とも呼ばれる。

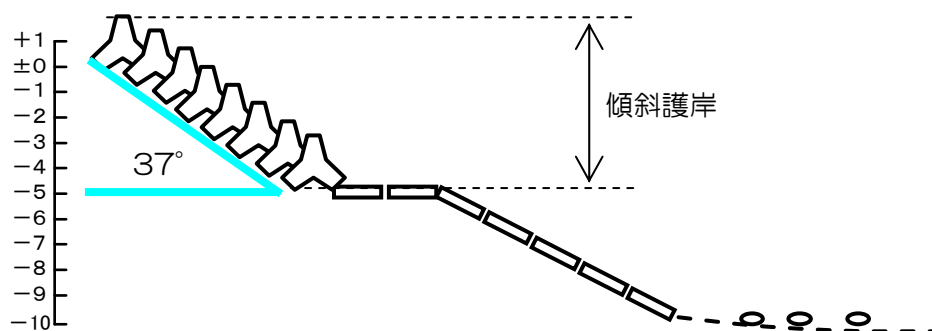


図１－４ 傾斜護岸の断面形状

〔緩傾斜護岸：図１－５〕

緩傾斜護岸は護岸面が水平面に対して約 $22\sim 27^\circ$ （ $1:2\sim 2.5$ ）の護岸である。コンクリート製の被覆ブロックが積まれており、断面幅（基盤の長さ）が最も長い。

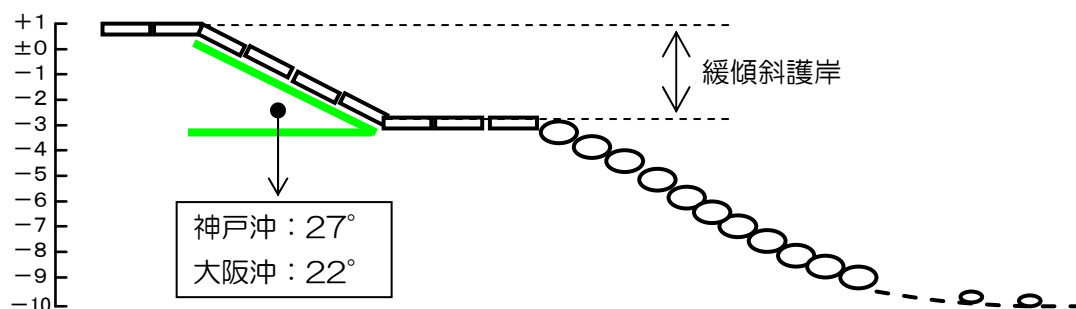


図１－５ 緩傾斜護岸の断面形状

(1) 調査内容及び方法

現地調査は、処分場護岸の海生生物の分布状況を把握するための測線調査（海藻、付着動物及び魚類の潜水目視観察、海藻及び付着動物の定量採集試料の室内分析、水質の機器測定）、緩傾斜護岸を導入した処分場全域の主な海藻の分布状況を把握するための全周調査（主要海藻の潜水目視観察と定量採集試料の室内分析）があり、調査内容及び方法（表1－1及び図1－6）、調査時期及び回数（表1－2）を以下に示した。

表1－1 現地調査内容及び方法

調査区分	調査内容	調査方法
海生生物 測線調査	目視観察	平均海面+1m から海底面までの基盤上の海藻と付着動物の種類別被度又は個体数、付近の魚類の種類別個体数を記録。
	定量分析	平均海面 0m、-2m、-4m の基盤上に 50cm コドラートを置き、付着生物を定量採集し、種類別個体数と湿重量を分析。
	水質測定	海面付近、海面下 0.5m、海面下 1m 以深は 1m 間隔で水温、塩分、溶存酸素、光量子束密度の機器測定及び透明度の観測。
主要海藻 全周調査	目視観察	護岸を代表する測線を追加し、藻場構成種を中心に海生生物と同様に海藻の種類別被度を記録。測線間は目視にて概査。
	定量分析	基盤上の主な海藻の種類別被度を記録した後、定量採集し、種類別湿重量を分析。優占種の CNP 組成を分析。

表1－2 現地調査実施状況（●は実施したことを示す）

調査 区分	年度	H18				H19				H20			H21		H 22
	処分場	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	春	秋	春
測線	神戸・大阪	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●
	尼崎	●	●	●	●	●	●	●	●			●			
	泉大津	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●
全周	神戸・大阪					●				●			●		●



水質測定



潜水観察



潜水採集

図1－6 調査状況

（２）調査地点及び範囲と海域環境の概要

① 神戸沖処分場（埋立前の海底水深：平均海面下約 15～16m）

主に A-2、A-4、A-5 及び A-7 の4地点で海生生物測線調査を実施した。また、主要海藻全周調査は除外区域（揚陸棧橋）を除く護岸全周で実施した（図1－7）。

当海域は、梅雨による表層の塩分低下、夏季の底層の貧酸素化が見られるが、その程度は比較的弱く、透明度も高い。また、緩傾斜護岸を中心にホンダワラ類による藻場（ガラモ場）が形成されている。

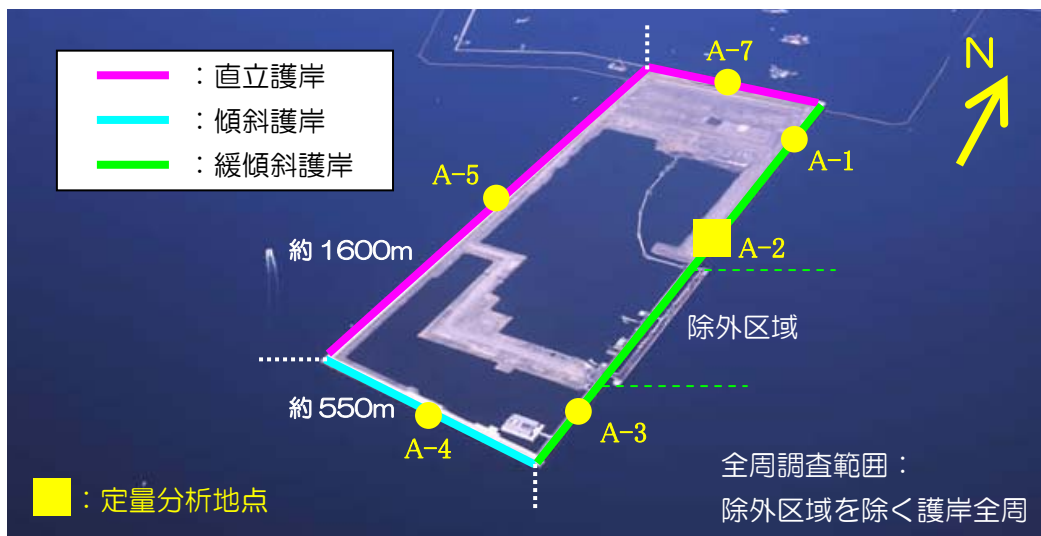


図1－7 神戸沖処分場の調査地点及び範囲（護岸概成：平成13年）

② 尼崎沖処分場（埋立前の海底水深：平均海面下約8～13m）

主に B-1 及び B-2 の2地点で海生生物測線調査を実施した（図1－8）。

当海域は、中島川（神崎川）河口に位置し、表層の塩分低下、夏季の底層の貧酸素化が著しく、透明度も低い。また、海藻の分布はほとんどなく、ムラサキイガイが卓越するが、秋季には大幅に減少する。

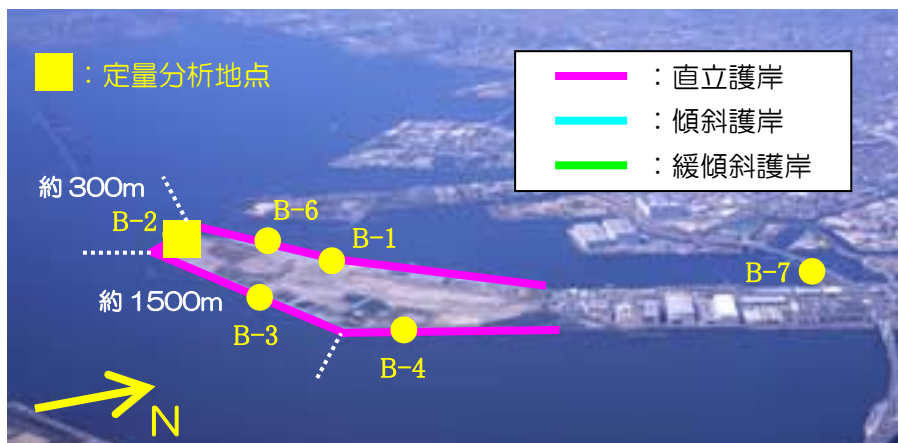


図1－8 尼崎沖処分場の調査地点及び範囲（護岸概成：平成元年）

③ 大阪沖処分場（埋立前の海底水深：平均海面下約 16～17m）

主に C-1、C-2 及び C-3 の3地点で海生生物測線調査を実施した。また、主要海藻全周調査は突堤を除く護岸全周で実施した（図1－9）。

当海域は、淀川河口の沖合に位置するが、エスチュアリー循環（河川水が流入する内湾の密度差から生じる水循環。上層は湾奥から湾口、下層は湾口から湾奥への流れが発達）により、表層の塩分低下は著しくはなく、夏季の貧酸素化の程度が最も弱く、透明度は比較的高い。また、ホンダワラ類による藻場（ガラモ場）が形成されている。

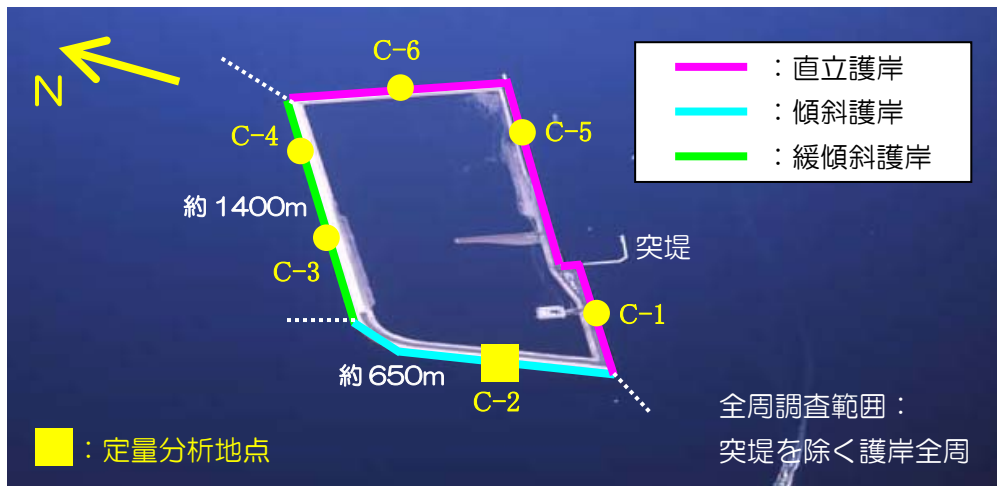


図1－9 大阪沖処分場の調査地点及び範囲（護岸概成：平成 20 年）

④ 泉大津沖処分場（埋立前の海底水深：平均海面下約 12～13m）

主に D-2 及び D-3 の2地点で海生生物測線調査を実施した（図1－10）。

当海域は、表層の塩分は比較的高く、夏季の貧酸素化は見られるが、浅場まで及ばず、透明度は比較的高い。また、春季を中心にワカメの植生が見られる。

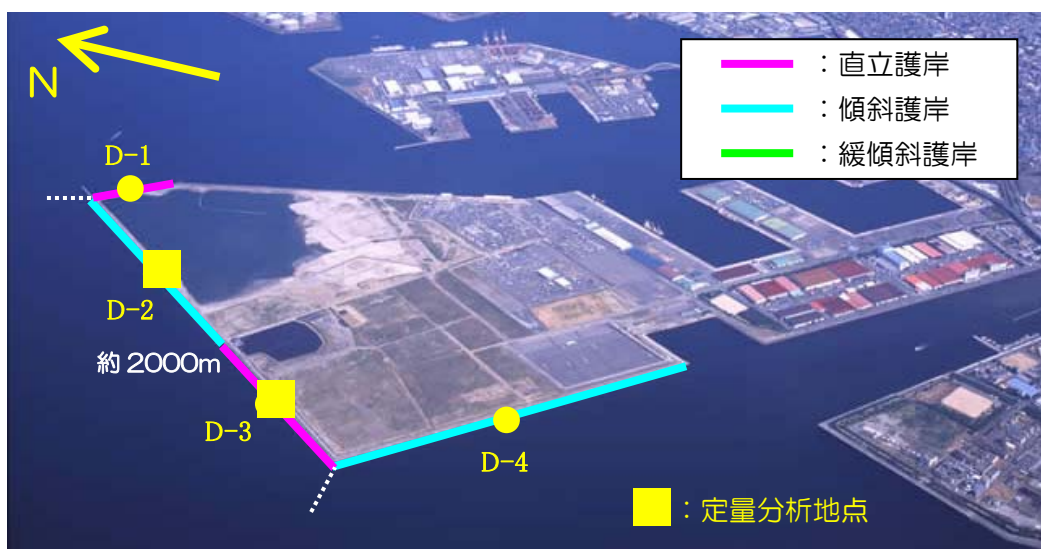
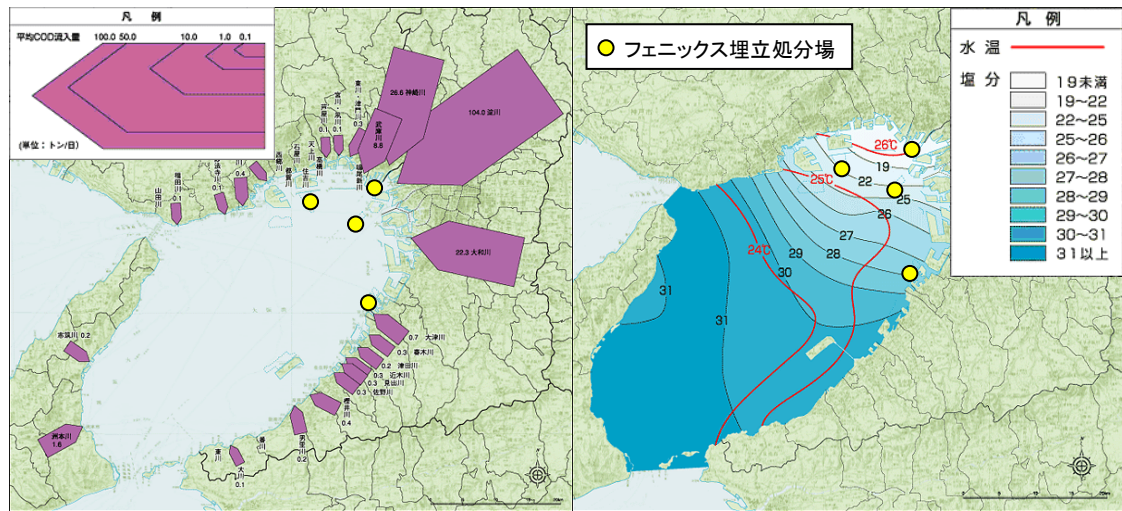


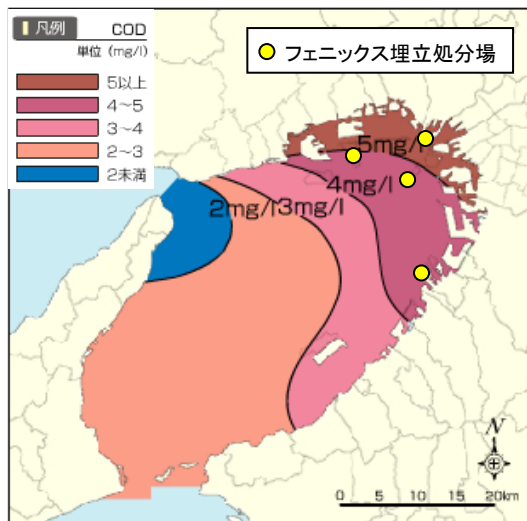
図1－10 泉大津沖処分場の調査地点及び範囲（護岸概成：平成 3 年）

〔参考資料：国土交通省近畿地方整備局「大阪湾環境データベース」Web サイトより〕

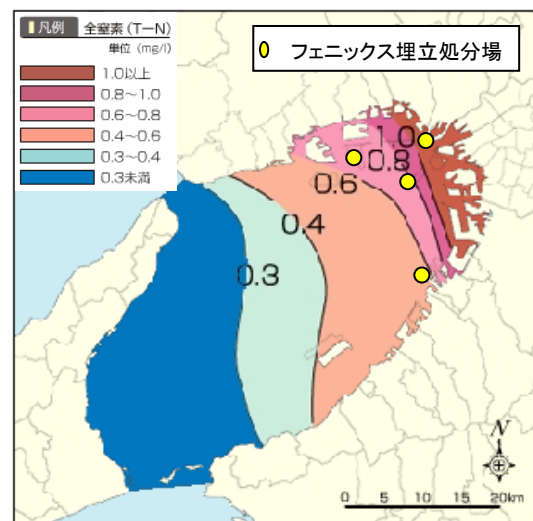


流入汚濁負荷量（COD）

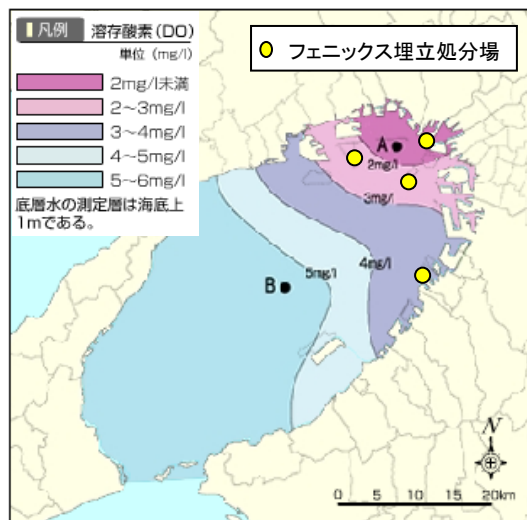
夏季の表層の水温・塩分



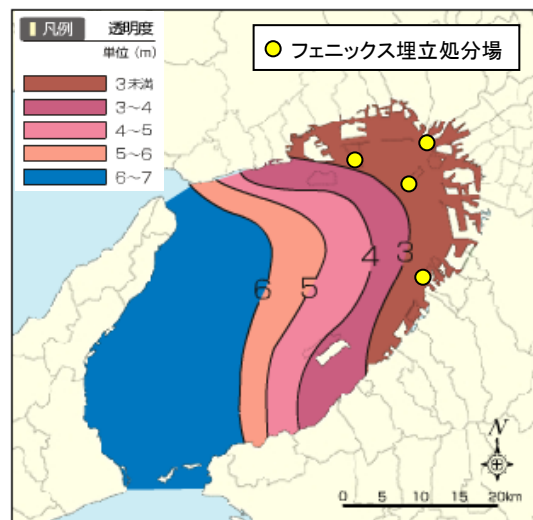
夏季の表層のCOD



夏季の表層の全窒素



夏季の底層のDO



夏季の透明度

第2章 処分場護岸に分布する生物の種類数

処分場護岸に分布する生物について、その護岸が位置する周囲の水質に大きな影響を受けると考えられる生態的な区分別の種類数による評価を行うため、海藻（藍藻綱及び珪藻綱は除く）、付着動物（卵塊及び泥巣は除く）及び魚類の3つの生物群を対象に、出現種類数の生態的な区分別の経年変化について検討を行った。なお、護岸形状の違いによる出現種類の違い等は第3章で述べる。

1. 海藻（図2-1及び図4-1）

海藻については、生態的な特徴として、寿命と藻体サイズから、1年生（小型）、1年生（大型）、多年生の3つの区分の組成を併せて示した。神戸沖処分場の海藻の種類数を見ると、2005年は22種類であったが、2006年以降は30種類以上で横這いの傾向が続いていた。寿命等による区分の組成を見ると、半数以上が1年生（小型）であり、年による変動が大きく、1年生（大型）及び多年生は少なく、年による変動が小さかった。神戸沖でのみ見られた海藻は9種類であり、藻場構成種（大型褐藻）は6種類が確認された。同様に尼崎沖処分場を見ると、調査年度に関係なく、10種類未満となっていた。寿命等による区分の組成を見ると、全種類が1年生（小型）であり、1年生（大型）及び多年生の種類は見られなかった。尼崎沖でのみ見られた海藻は無かった。大阪沖処分場を見ると、2006年は18種類、2007～2009年は25種類以上で横這いであったが、2010年は33種類と増加した。寿命等による区分の組成を見ると、半数以上が1年生（小型）であり、年による変動が大きく、1年生（大型）及び多年生は少なく、年による変動が小さかった。大阪沖でのみ見られた海藻は3種類であり、藻場構成種（大型褐藻）は6種類が確認された。泉大津沖処分場を見ると、2006年は21種類、2007～2008年は30種類前後で横這いであったが、2009年以降は減少し、2010年は20種類となった。寿命等による区分の組成を見ると、半数以上が1年生（小型）であり、年による変動が大きく、1年生（大型）及び多年生は少なく、年による変動が小さかった。泉大津沖でのみ見られた海藻は2種類であり、藻場構成種（大型褐藻）はワカメのみ確認された。

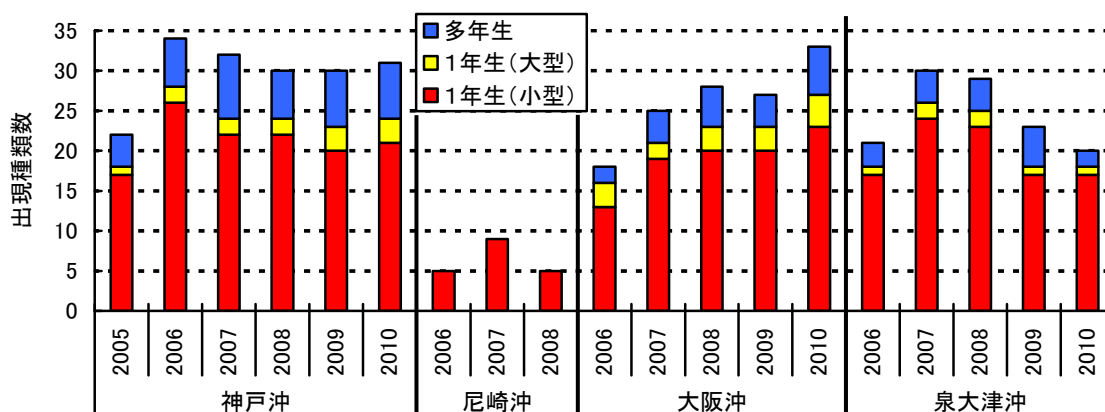


図2-1 処分場護岸の海藻の出現種類数の経年変化

2. 付着動物（図2-2及び図2-3）

付着動物については、生態的な特徴として、藻食、肉食（雑食を含む）、濾過食（堆積物食を含む）の3つの食性区分の組成を併せて示した。なお、藻食及び肉食性は移動性、濾過食は固着性の付着動物である。神戸沖処分場の付着動物の種類数を見ると、2005年は144種類、2006～2008年は約180種類で横這いとなったが、2009年以降は減少し、2010年は115種類となった。食性区分の組成を見ると、半数が濾過食に含まれ、藻食は年による変動が少なく、濾過食と肉食が年により変動していた。神戸沖でのみ見られた付着動物は19種類であった。同様に尼崎沖処分場を見ると、2006年は100種類を超えていたが、以降は年々減少し、2008年は25種類となった。食性区分の組成を見ると、半数以上が濾過食に含まれ、藻食は少なく、濾過食と肉食が年により変動していた。尼崎沖でのみ見られた付着動物は1種類であった。大阪沖処分場を見ると、2006年は126種類、2007～2008年は160種類以上と増加したが、2009年以降は減少し、2010年は102種類となった。食性区分の組成を見ると、約半数が濾過食に含まれ、各食性とも、年により変動していた。大阪沖でのみ見られた付着動物は7種類であった。泉大津沖処分場を見ると、2006年は147種類、2007～2009年は約170種類で横這いとなったが、2010年は124種類にまで減少した。食性区分の組成を見ると、約半数が濾過食に含まれ、各食性とも、年により変動していた。泉大津沖でのみ見られた付着動物は13種類であった。

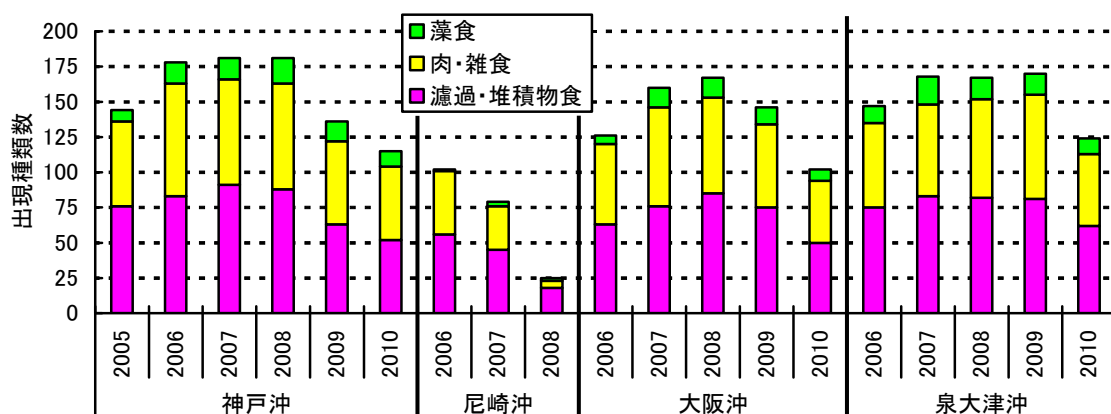


図2-2 処分場護岸の付着動物の出現種類数の経年変化

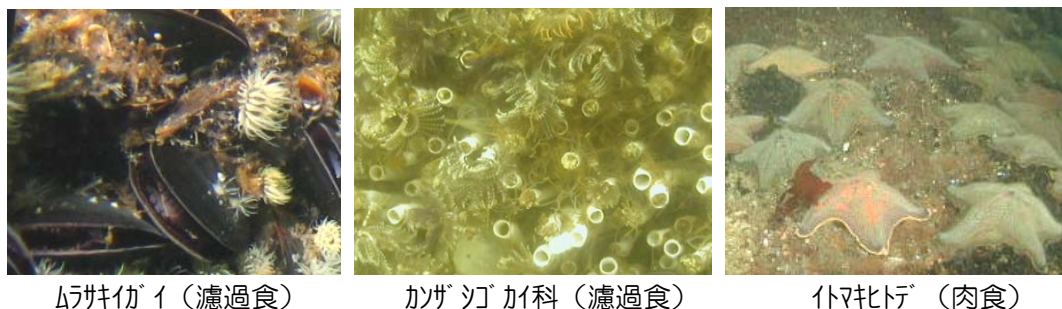


図2-3 処分場護岸に生息する主な付着動物

3. 魚類（図2-4及び図2-5）

魚類については、生態的な特徴として、大阪湾での生息状況（定住、産卵及び成育のための入込み、迷込み等）の組成を併せて示した。神戸沖処分場の魚類の種類数を見ると、2005年は23種類、2006～2008年は25～30種類で概ね横這いとなったが、2009年以降は減少し、2010年は8種類となった。大阪湾での生息区分の組成を見ると、約半数が定住に含まれるが、年による変動が比較的大きく、2006年を除き、毎年迷込み等が見られた。神戸沖でのみ見られた魚類は8種類であった。同様に尼崎沖処分場を見ると、2006年は8種類であったが、2007～2008年は1種類となった。大阪湾での生息区分の組成を見ると、半数以上が定住に含まれ、2006年を除き、産卵及び成育のための入込み、迷込み等が見られなかった。尼崎沖でのみ見られた魚類は無かった。大阪沖処分場を見ると、2006年は16種類、2007年は12種類と減少したが、2008年は19種類と増加した。2009年以降は減少し、2010年は2種類となった。大阪湾での生息区分の組成を見ると、約半数が定住に含まれるが、神戸沖及び泉大津沖に比べて少なく、迷込み等は見られなかった。大阪沖でのみ見られた魚類は2種類であった。泉大津沖処分場を見ると、2006～2009年は20種類前後で概ね横這いであったが、2010年は11種類にまで減少した。大阪湾での生息区分の組成を見ると、常に半数以上が定住に含まれ、産卵及び成育のための入込みが少なく、2010年を除き、毎年迷込み等が見られた。泉大津沖でのみ見られた魚類は6種類であった。

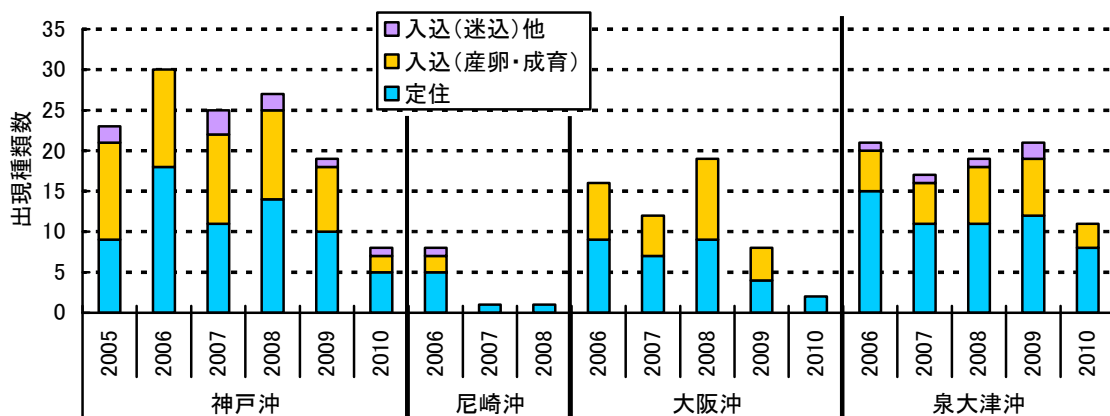


図2-4 処分場護岸の魚類の出現種類数の経年変化



図2-5 処分場付近に生息する主な魚類

4. 大阪湾の他の人工護岸との比較・評価

海藻（藍藻綱及び珪藻綱は除く）、付着動物（卵塊及び泥巣は除く）及び魚類の3つの生物群を対象に、処分場護岸で確認された種類数を評価するため、既存資料等に基づき、各処分場と同じ大阪湾に立地する関西空港（1期島）及び神戸空港の護岸に分布する生物の種類数との比較を行った。

海藻は春季に多く見られることから、春季のデータ（2～6月）を中心に比較を行い、魚類は夏季に多く見られることから、夏季のデータ（8～10月）を中心に比較を行った。なお、付着動物は季節変化が不明瞭であったため、四季（年4回）を通じた年間データにより比較を行った。

また、関西空港（1期島）のデータは関西国際空港（株）・関西国際空港用地造成（株）「関西国際空港2期事業の実施に伴う平成15～17年度環境監視結果（概要版）」及び阪上ほか（2003）、神戸空港のデータは山本（2008）を利用した。

なお、各護岸は造成年度が異なり、単純な比較が適当ではないため、護岸概成後の経過年数を参考として示した。尼崎沖処分場は1990年（平成2年）、泉大津沖処分場は1992年（平成4年）に受入を開始しており、護岸概成はその前年と仮定した。神戸沖処分場は2001年（平成13年）、大阪沖処分場は2008年（平成20年）に護岸全周が水面付近まで完成したことから、護岸概成はその年とした。比較を行った関西空港（1期島）は1988年（昭和63年）末に護岸概成（阪上ほか、2003）、神戸空港は2002年（平成14年）2月に事後調査が開始されていることから、護岸概成はその前年と仮定した。

次頁以降に、各護岸の海藻、付着動物及び魚類の出現種類数を示した。それらの結果を踏まえ、各生物群の出現種類数による評価を総括すると、調査方法等は異なるが、全体的な傾向として、各生物群とも、最も湾奥部に位置する尼崎沖処分場の種類数が最も少ない。他の処分場護岸については、年による変動はあるが、大阪湾奥部に位置するため、海域環境の諸条件（P.7の参考資料を参照）等により、関西空港（1期島）及び神戸空港の種類数より少ない状態にあると考えられた。

関西国際空港株式会社・関西国際空港用地造成株式会社「関西国際空港2期事業の実施に伴う平成15～17年度環境監視結果（概要版）」

山本（2008）：神戸空港における環境創造への取組みについて、平成20年度近畿地方整備局研究発表会，調査・計画・設計部門Ⅰ，No.13

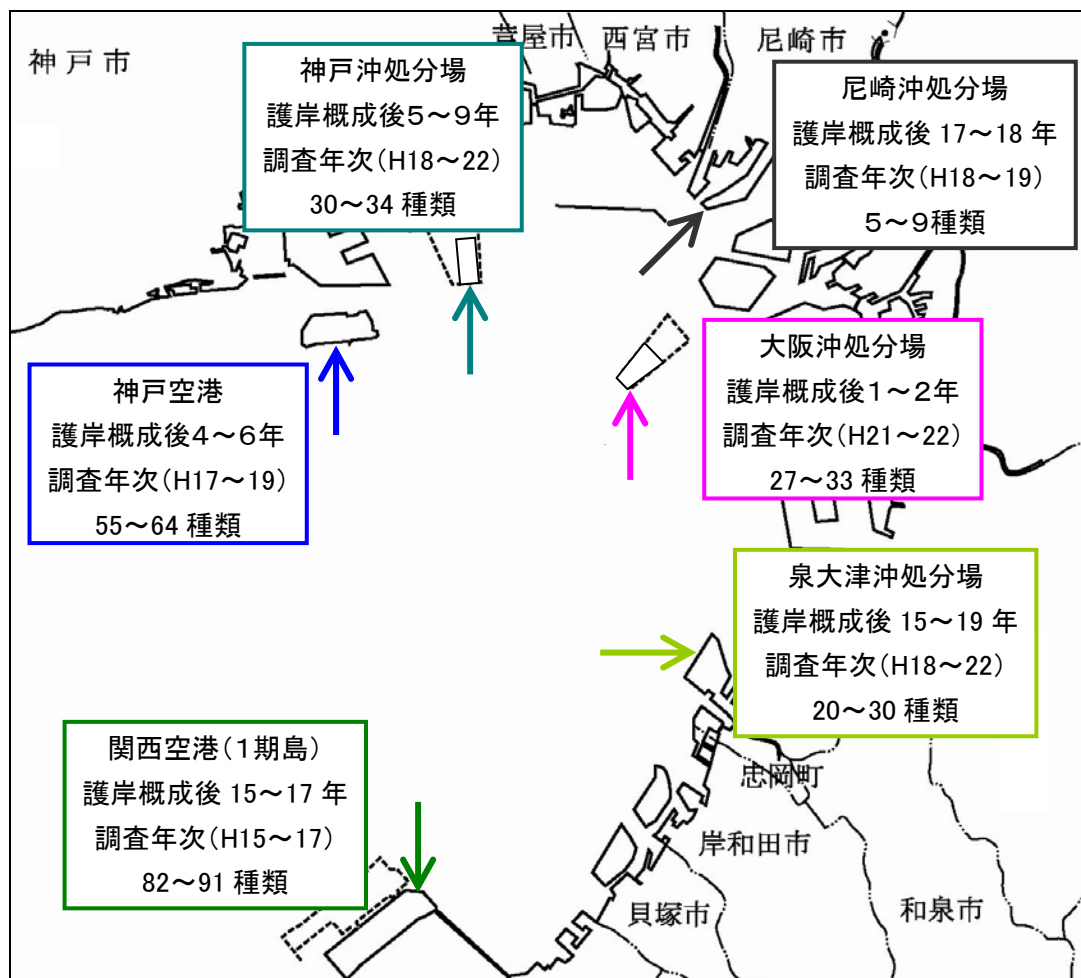
阪上・浅山・北澤（2003）：関西国際空港2期空港島における藻場造成について，土木学会，海洋開発論文集，第19巻，13-18

(1) 海藻

護岸概成後の経過年数と海藻の出現種類数を図2-6に示した。

海藻の種類数(2～6月のデータを含むものに限定)は、尼崎沖処分場では10種類未満、他の処分場では20～40種類で推移しているのに対して、神戸空港の護岸では60種類前後、関西空港(1期島)の護岸では80種類以上で推移している。

なお、大阪沖処分場は護岸概成後の経過年数は短いが、既に神戸沖処分場に匹敵、泉大津沖処分場より多くの種類が見られており、エスチュアリー循環等の影響を受け、成熟個体の漂着や生殖細胞の移入も期待できることから、今後も種類数が増加することも考えられる。一方、その他の各護岸は概成後5年以上経過していることから、種類数は概ね安定していると考えられる。



- *1 各処分場のデータは年間データのうち、春季(5～6月)を含むデータのみ使用
- *2 関西空港(1期島)のデータは「関西国際空港2期事業の実施に伴う平成15-17年度環境監視結果(概要版)」より年間(四季)データを引用
- *3 神戸空港のデータは山本(2008)より冬季(2月)データを読み取り

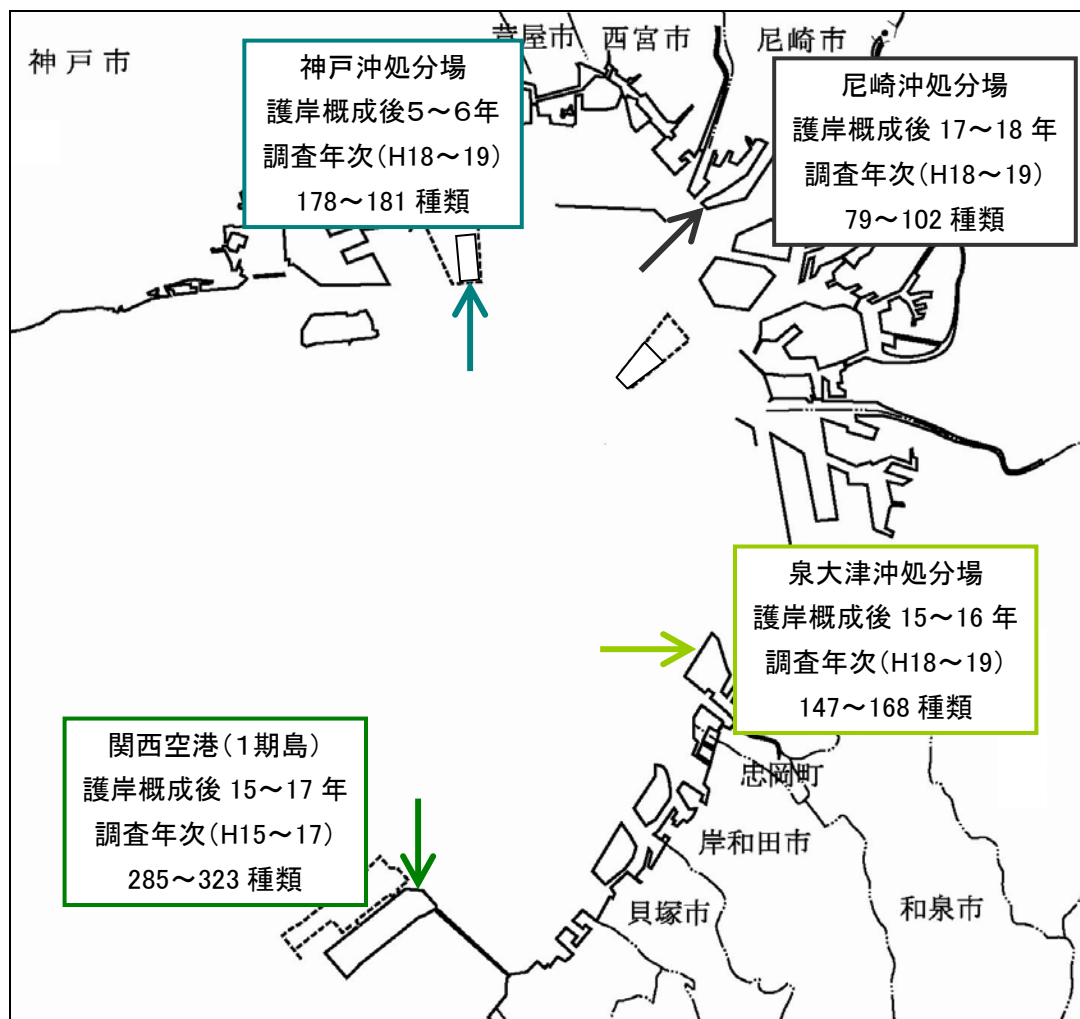
図2-6 春季における大阪湾の各人工護岸に生育する海藻の出現種類数

(2) 付着動物

護岸概成後の経過年数と付着動物の出現種類数を図2-7に示した。

付着動物の種類数（四季を通したデータに限定）は、尼崎沖処分場では概ね 80～100 種類、他の処分場では概ね 150～180 種類で推移しているのに対して、関西空港（1期島）の護岸では 300 種類前後で推移している。各護岸とも、護岸概成後、5年以上経過していることから、種類数は概ね安定していると考えられる。

なお、大阪沖処分場は、護岸概成後に付着動物の四季調査を実施していないため、ここでは比較対象から除外した。



*1 各処分場のデータは年間（四季）データのみ使用

*2 関西空港（1期島）のデータは「関西国際空港2期事業の実施に伴う平成 15-17 年度環境監視結果（概要版）」より年間（四季）データを引用

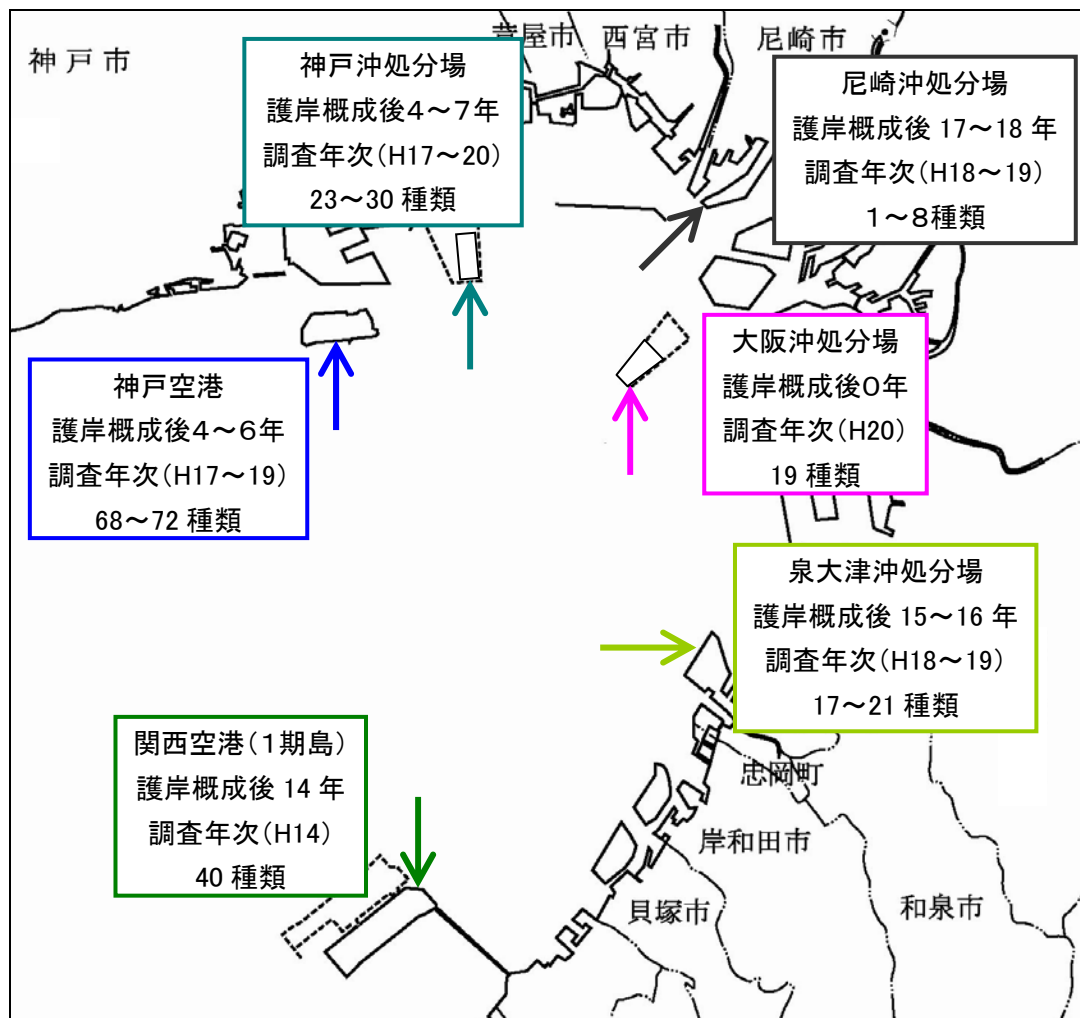
図2-7 大阪湾の各人工護岸に生息する付着動物の出現種類数

(3) 魚類

護岸概成後の経過年数と魚類の出現種類数を図2-8に示した。

魚類の種類数（8～10月のデータを含むものに限定）は、尼崎沖処分場では10種類未満、他の処分場では概ね20～30種類で推移しているのに対して、2002年（平成14年）の関西空港（1期島）の護岸では40種類、神戸空港の護岸では2005年（平成17年）以降は70種類前後で安定している。

なお、大阪沖処分場は護岸概成後の経過年数が短く、調査地点は概成後1年未満の岸壁であり、エスチュアリー循環により、沖合の海水の流入も受けることから、今後、種類数が増加することが考えられる。その他の各護岸は概成後5年以上経過していることから、種類数は概ね安定していると考えられる。



*1 各処分場のデータは年間データのうち、夏季（8月）を含むデータのみ使用

*2 関西空港（1期島）のデータは阪上ほか（2003）より秋季（10月）データを引用

*3 神戸空港のデータは山本（2008）より夏季（8月）のデータを読み取り

図2-8 夏季における大阪湾の各人工護岸に生息する魚類の出現種類数

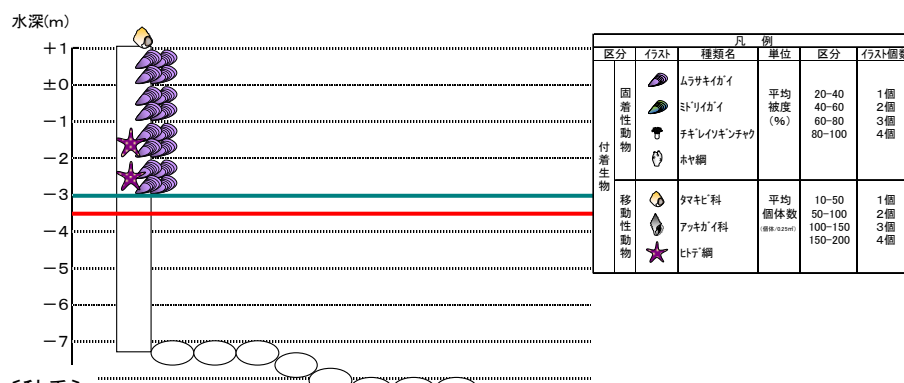
第3章 護岸形状に着目した処分場護岸の生物の分布状況の特徴

春季から秋季にかけて優占する付着生物の種類、分布状況が変化することから、2008年（平成19年）及び2010年（平成21年）の調査結果に基づき、春季及び秋季の各処分場の護岸形式別の生物分布の変化について検討を行った。なお、各生物群の大まかな分布状況を概観するため、海藻は平均被度10%未満、付着動物（固着性）は平均被度20%未満、付着動物（移動性）は平均個体数10個体/0.25㎡未満、魚類は50個体以下の種類はそれぞれ対象外とした。また、これらの分布状況はイメージ図として図3-1～図3-4に示し、水深別の各種類の被度及び生息密度の概略はイラストの個数により示した。

1. 尼崎沖処分場（図3-1）

尼崎沖処分場では2010年は調査を実施していないため、2008年（平成19年）のみの調査結果に基づき、検討を行った。尼崎沖処分場の南護岸の調査点B-2（直立護岸）の生物分布を概観すると、春季は平均海面下3mまで分布が見られるが、海藻及び魚類はほとんど見られなかった。付着動物（固着性）は濾過食性のムラサキガイが多く、付着動物（移動性）は肉食性のヒトデ綱等が見られた。一方、秋季は平均海面下5mまで分布が見られるが、海藻及び魚類はほとんど見られなかった。付着動物（固着性）は濾過食性のミドリイガイ等、付着動物（移動性）は肉食性のアツキガイ科等が見られた。なお、水深3m以浅は周年有光層、且つ溶存酸素が環境基準（C類型）を満たすと考えられた。

〔春季〕



〔秋季〕



図3-1 尼崎沖処分場護岸の生物分布のイメージ

2. 泉大津沖処分場（図3-2）

泉大津沖処分場の西護岸には直立と傾斜護岸が隣接し、同じ海域環境で護岸形式による生物分布を比較できる数少ない場所となっている。なお、水深5m以浅は周年有光層と考えられ、水深6m以浅では周年溶存酸素が環境基準（C類型）を満たすと考えられる。

（1）直立護岸の生物分布

調査点 D-3（直立護岸）の生物分布を概観すると、春季は海藻が平均海面下9m、付着動物が7mまで分布し、海藻は直立部に藻場構成種のワカメが見られた。付着動物（固着性）は直立部に多く、濾過食性のムラサキガイ及びカンザシゴカイ科等が見られた。付着動物（移動性）はヒトデ綱等が見られたが、魚類は見られなかった。一方、秋季は海藻が平均海面下1m、付着動物が5mまで分布し、海藻は直立部にアオノリ属が見られた。付着動物（固着性）は直立部にカンザシゴカイ科が見られた。付着動物（移動性）は飛沫帯（高潮線上で常に海面上に位置するが波しぶきが届く範囲）に藻食性のタマキビ科が見られたのみであり、魚類は見られなかった。

（2）傾斜護岸の生物分布

調査点 D-2（傾斜護岸）の生物分布を概観すると、春季は海藻が平均海面下10m、付着動物が11mまで分布し、海藻は多く、傾斜部（ブロック箇所）に藻場構成種のワカメ、フダラク及びカバノリ等が見られた。付着動物（固着性）はムラサキガイ等が見られた。付着動物（移動性）は肉食性のヒトデ綱等が多く見られ、飛沫帯にタマキビが見られた。魚類は肉食性のメバルが見られた。一方、秋季は海藻及び付着動物とも、平均海面下1mまで分布が見られ、海藻は傾斜部にアオサ属及びミルが見られた。付着動物（固着性）は傾斜部にカンザシゴカイ科が見られた。付着動物（移動性）は飛沫帯にタマキビ科が見られたのみであり、魚類は見られなかった。

（3）護岸形式による比較

秋季の生物分布が少ないため、春季の生物分布に基づき、護岸形式による比較を行うと、直立護岸は、海藻及び魚類の分布があまり見られず、付着動物（固着性）の分布が比較的多い傾向があるのに対し、傾斜護岸は、海藻の分布が比較的多く、魚類の分布も見られ、付着動物（固着性）の分布が比較的に少ない傾向が見られた。

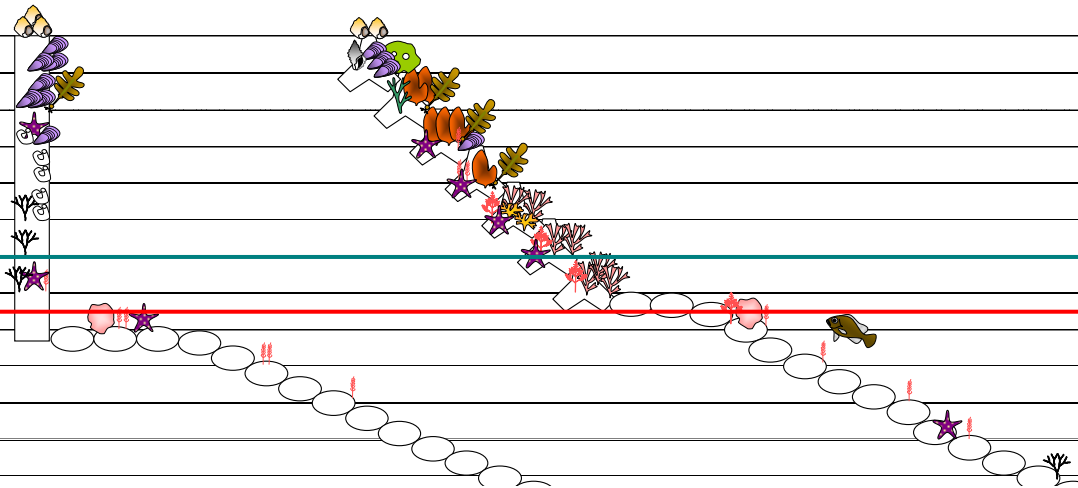
直立護岸では固着性の濾過食性（懸濁物食性）の付着動物が多くを占める単調な生物群集が形成されているのに対し、傾斜護岸では海藻が多く見られ、固着性の付着動物を捕食する肉食性の付着動物が比較的多く、魚類の分布も見られた。このことは、傾斜護岸が直立護岸に比べて多様な生物群集を成立させることを示唆するものと考えられた。

これらのことから、直立護岸より傾斜護岸の方が「海生生物の生育・生息環境の創造効果」が高いと考えられた。

〔春季〕

水深(m)

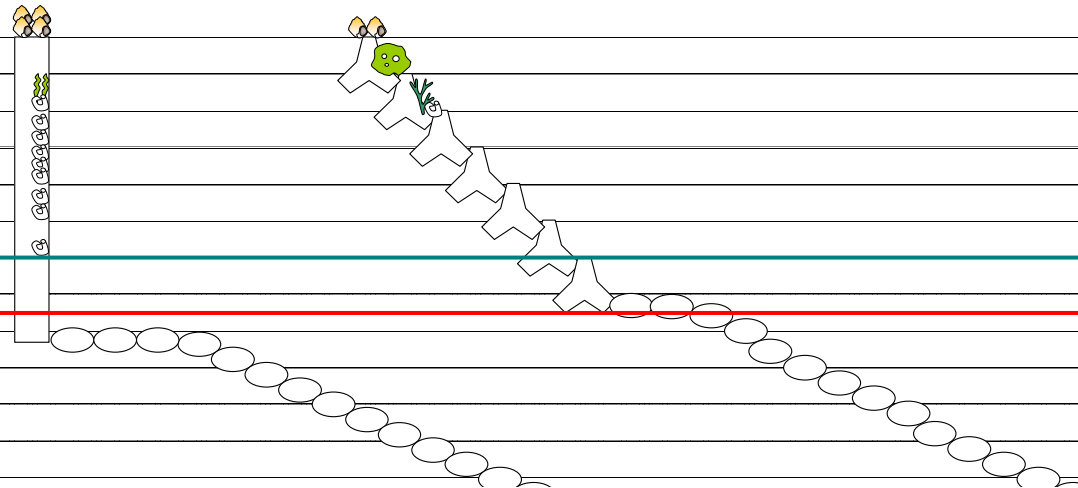
+1
±0
-1
-2
-3
-4
-5
-6
-7
-8
-9
-10
-11



〔秋季〕

水深(m)

+1
±0
-1
-2
-3
-4
-5
-6
-7
-8
-9
-10
-11



凡 例				
区分	イラスト	種類名	単位	区分
海藻		アオリ属	平均被度 (%)	10-20 20-40 40-60 60-80
		アオリ属		
		ミル		
		ワカメ		
		フダラウ		
		カハハリ		
		ススカケハニ		
付着生物		ツノマタ	平均被度 (%)	10-20 20-40 40-60 60-80
		タオヤキノソウ		
		イギス目		
		イギス目		
固着性動物		ムラサキガイ	平均被度 (%)	20-40 40-60 60-80 80-100
		フジツボ 垂目		
		カンザシゴカイ科		
		コケムシ綱		
移動性動物		タマキビ科	平均個体数 (個/m ²)	10-50 50-100 100-150 150-200
		アサギガイ科		
		ヒトデ綱		
魚類		メハル	個体数	H19.20の春秋でccが1回ccが2回

※ccは51個体以上を示す区分

透明度最低時の有光層
(低潮線から透明度 2 倍水深)

溶存酸素最低時の 2mg/L 境界線

図3-2 泉大津沖処分場護岸の生物分布のイメージ

3. 神戸沖処分場（図3-3）

神戸沖処分場には直立護岸、傾斜護岸及び緩傾斜護岸があり、3つの護岸形式の比較が可能であるが、それぞれ護岸の位置及び向きが異なるため、海域環境のうち、特に波浪や海水流動等の条件が異なっている。なお、水深5m以浅は周年有光層と考えられ、水深3m以浅では周年溶存酸素が環境基準（C類型）を満たすと考えられる。

（1）直立護岸の生物分布

西に面する調査点 A-5（平均海面下3mまでは直立護岸、それ以深は石積みの緩傾斜護岸）の生物分布を概観すると、春季は海藻が平均海面下6m、付着動物が7mまで分布し、海藻は直立部にアオサ属が見られた。付着動物（固着性）は直立部にムラサキイガイ及びカンザシゴカイ科等が見られた。付着動物（移動性）は多く、直立部にアッキガイ科及びヒトデ綱等が見られたが、魚類は見られなかった。一方、秋季は海藻及び付着動物とも、平均海面下5mまで分布が見られ、海藻は直立部にアオサ属が見られた。付着動物（固着性）は直立部にカンザシゴカイ科が見られた。付着動物（移動性）は直立部にアッキガイ科等が見られ、魚類は雑食性のボラが見られた。

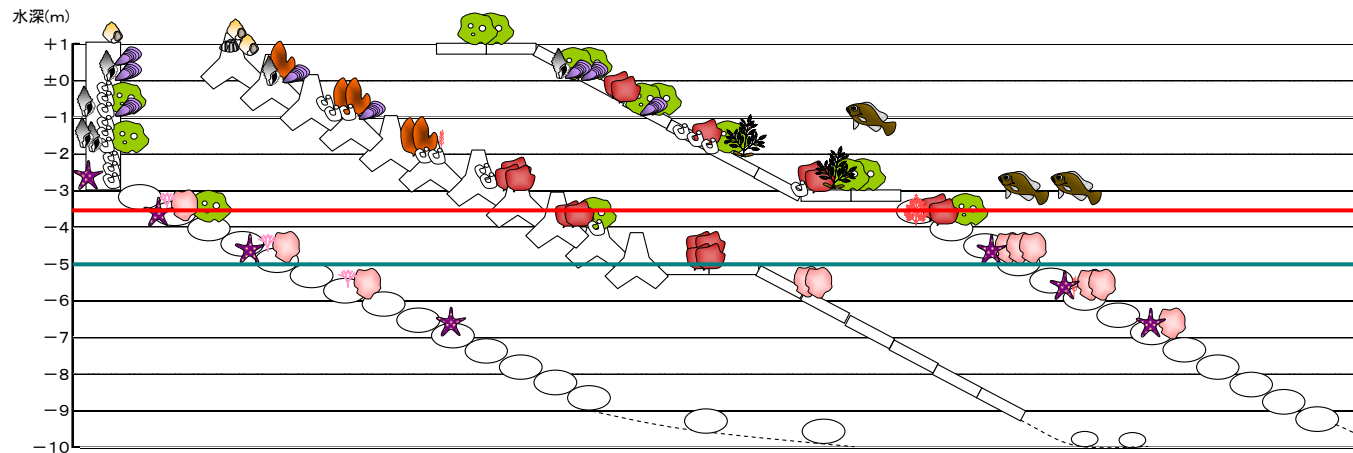
（2）傾斜護岸の生物分布

南に面する調査点 A-4（傾斜護岸）の生物分布を概観すると、春季は海藻が平均海面下6m、付着動物が4mまで分布し、海藻は多く、傾斜部（ブロック箇所）を中心にフダラク及びベニスナゴ等が見られた。付着動物（固着性）は傾斜部にフジツボ亜目、ムラサキイガイ、カンザシゴカイ科が見られた。付着動物（移動性）は傾斜部にアッキガイ科等が見られたが、魚類は見られなかった。一方、秋季は海藻が平均海面下1m、付着動物が3mまで分布し、海藻は傾斜部にアオサ属が見られた。付着動物（固着性）はカンザシゴカイ科等が見られ、付着動物（移動性）は飛沫帯にタマキビ科のみが見られた。魚類はボラが多く見られた。

（3）緩傾斜護岸の生物分布

東に面する調査点 A-2（緩傾斜護岸）の生物分布を概観すると、春季は海藻及び付着動物とも、平均海面下7mまで分布が見られ、海藻は多く、緩傾斜部（ブロック箇所）にアオサ属及びベニスナゴが見られ、藻場構成種のホンダワラ属も見られた。付着動物（固着性）は緩傾斜部にムラサキイガイ及びカンザシゴカイ科が見られ、付着動物（移動性）は緩傾斜部にアッキガイ科が見られた。魚類はメバルが多く見られた。一方、秋季は海藻が平均海面下3m、付着動物が6mまで分布し、海藻は緩傾斜部にアオサ属等が見られた。付着動物（固着性）はフジツボ亜目及びカンザシゴカイ科が見られ、付着動物（移動性）は緩傾斜部にアッキガイ科が見られた。魚類は多く、ボラ、雑食性のメジナ、肉食性（プランクトン食性）のマアジが見られた。

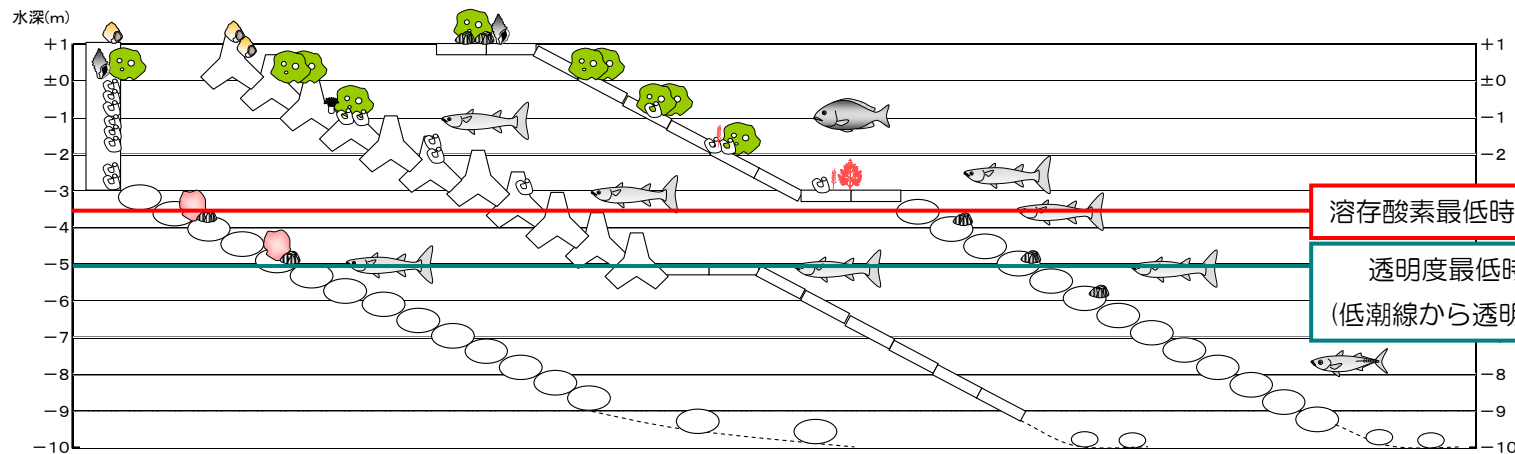
〔春季〕



凡 例				
区分	イラスト	種類名	単位	区分
海藻		アサギ属	平均被度 (%)	1個 2個 3個 4個
		ホンダワラ属		
		フダウラ		
		ベニスナゴ		
		ススアカベニ		
付着生物		マカサ		
		サンゴモ目		
		イキス目		
固着性動物		ムラサキガイ	平均被度 (%)	1個 2個 3個 4個
		フジツボ 亜目		
		カンザシコガイ科		
		チキレイノギンチャク		
移動性動物		タマキビ科	平均個体数 (H19.20年)	1個 2個 3個 4個
		アサギガイ科		
		ヒトデ綱		
魚類		メバル	H19.20の 春・秋・冬で ccが1回 ccが2回	1個 2個
		メジナ		
		ボラ		
		アジ		

※ccは51個体以上を示す区分

〔秋季〕



溶存酸素最低時の2mg/L 境界線

透明度最低時の有光層
(低潮線から透明度 2 倍水深)

図3-3 神戸沖処分場護岸の生物分布のイメージ

4. 大阪沖処分場（図3-4）

大阪沖処分場には直立護岸、傾斜護岸及び緩傾斜護岸があり、3つの護岸形式の比較が可能であるが、それぞれ護岸の位置及び向きが異なるため、海域環境のうち、特に波浪や海水流動等の条件が異なっている。なお、水深5m以浅は周年有光層と考えられ、水深3m以浅は周年溶存酸素が環境基準（C類型）を満たすと考えられる。

（1）直立護岸の生物分布

南に面する調査点 C-1（平均海面下3mまでは直立護岸、それ以深は石積みの平場と傾斜護岸）の生物分布を概観すると、春季は海藻が平均海面下7m、付着動物が5mまで分布し、海藻は多く、直立部にアオサ属及びフダラク等が見られ、平均海面下3mに広がる平場には藻場構成種のホンダワラ属も見られた。付着動物（固着性）は多く、直立部にムラサキイガイ及びカンザシゴカイ科が見られた。付着動物（移動性）は飛沫帯にタマキビ科が見られたのみであり、魚類はメバルが見られた。一方、秋季は海藻が平均海面下3m、付着動物が5mまで分布し、海藻は直立部にアオサ属、平場で藻場構成種のホンダワラ属が見られた。付着動物（固着性）は多く、カンザシゴカイ科が直立部を含む広範囲に見られた。付着動物（移動性）は飛沫帯にタマキビ科が見られたのみであり、魚類は見られなかった。

（2）傾斜護岸の生物分布

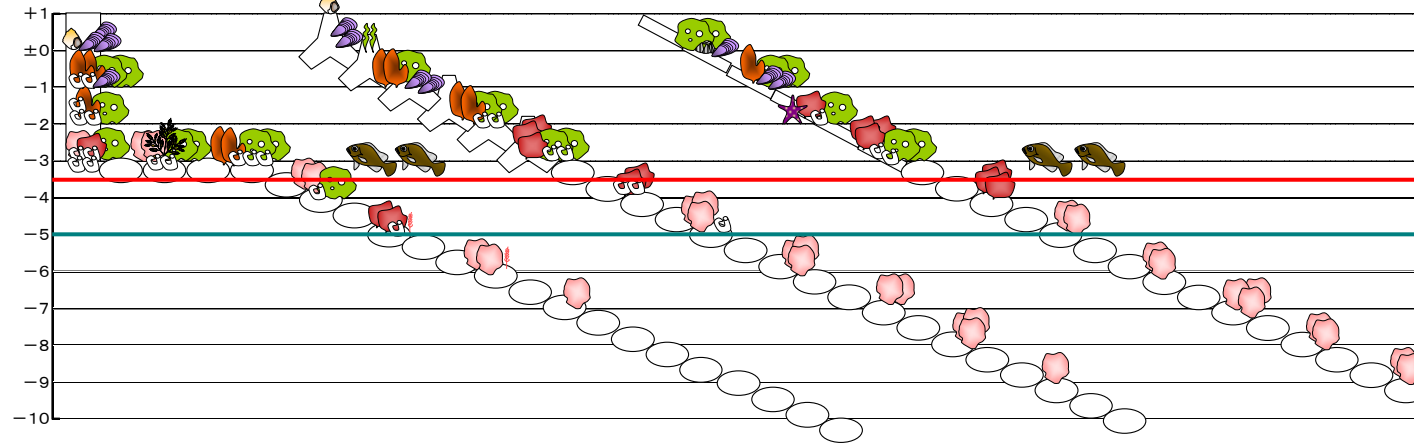
西に面する調査点 C-2（傾斜護岸）の生物分布を概観すると、春季は海藻が平均海面下9m、付着動物が5mまで分布し、海藻は多く、傾斜部（ブロック箇所）にアオサ属、フダラク、ベニスナゴ等が見られた。付着動物（固着性）は傾斜部にムラサキイガイ及びカンザシゴカイ科が見られた。付着動物（移動性）は飛沫帯にタマキビ科が見られたのみであり、魚類は見られなかった。一方、秋季は海藻が平均海面下3m、付着動物が6mまで分布し、海藻は傾斜部にアオサ属が見られ、藻場構成種のホンダワラ属も見られた。付着動物（固着性）はカンザシゴカイ科及びフジツボ亜目が見られた。付着動物（移動性）は飛沫帯にタマキビ科が見られたのみであり、魚類は肉食性のスズメダイが多く見られた。

（3）緩傾斜護岸の生物分布

北に面する調査点 C-3（緩傾斜護岸）の生物分布を概観すると、春季は海藻が平均海面下9m、付着動物が3mまで分布し、海藻は多く、緩傾斜部（ブロック箇所）にアオサ属及びベニスナゴ等が見られた。付着動物（固着性）は緩傾斜部にフジツボ亜目、ムラサキイガイ、カンザシゴカイ科が見られた。付着動物（移動性）はヒトデ綱が見られ、魚類はメバルが見られた。一方、秋季は海藻が平均海面下1m、付着動物が8mまで分布し、海藻は緩傾斜部にアオサ属が見られた。付着動物（固着性）はカンザシゴカイ科が見られた。付着動物（移動性）は飛沫帯にタマキビ科が見られたのみであり、魚類はボラが見られた。

〔春季〕

水深(m)

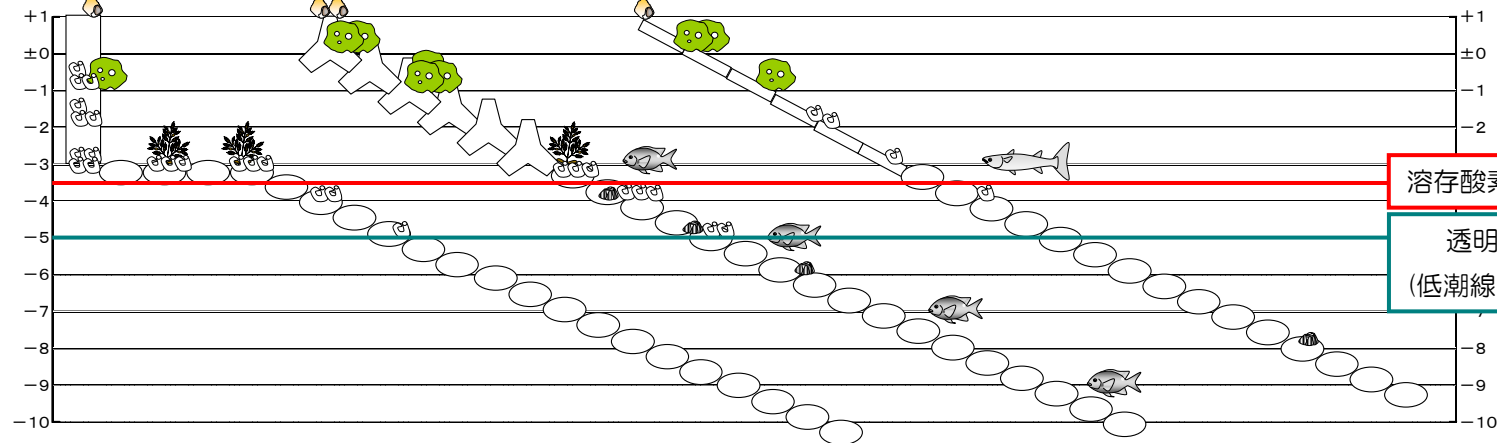


凡 例				
区分	イラスト	種名	単位	区分
海藻		アオリ属	平均被度 (%)	10-20 20-40 40-60 60-80
		アオリ属		
		ホンダワラ属		
		フダウラ		
		ベニスナゴ		
付着性動物		ススアカベニ	平均被度 (%)	10-20 20-40 40-60 60-80
		イギス目		
		ムラサキガイ		
		フジツボ 亜目		
移動性動物		カンザシゴカイ科	平均被度 (%)	10-20 20-40 40-60 60-80
		タマキビ科		
		アサギ科		
魚類		メバル	個体数	H19.20の 春・秋季で ccが1回 ccが2回
		スズメダイ		
		ボラ		

※ccは51個体以上を示す区分

〔秋季〕

水深(m)



溶存酸素最低時の 2mg/L 境界線

透明度最低時の有光層
(低潮線から透明度 2 倍水深)

図3-4 大阪沖処分場護岸の生物分布のイメージ

5. 分布状況による評価（表3－1及び図3－5）

前項までの生物分布のイメージ図に基づき、付着生物のイラストのある最深部を確認した。護岸形式別の平均値で分布下限水深を見ると、海藻では傾斜＜緩傾斜＜直立、付着動物では傾斜＜直立＜緩傾斜の関係が見られた。より深場まで付着生物が分布する護岸形式が「海生生物の生育・生息環境の創造効果」が高いと考えると、緩傾斜護岸及び直立護岸の評価が比較的高く、傾斜護岸は比較的低い評価となった。

また、3種類の護岸形式を比較するため、各護岸面が同じ水深帯となるよう、平均海面下3m以浅を対象にイラストの個数を集計することにより各調査地点の生物分布の概況を整理した。3種類の護岸形式がある神戸沖及び大阪沖処分場の平均値を見ると、海藻では直立＜傾斜＜緩傾斜、付着動物（固着性及び移動性）では緩傾斜＜傾斜＜直立、魚類では直立＜傾斜＜緩傾斜の関係が見られた。ここで海藻及び魚類の分布が多い護岸形式が「海生生物の生育・生息環境の創造効果」が高いと考えると、緩傾斜護岸が最も高く評価され、次いで傾斜護岸が高く評価された。一方、付着動物（固着性）は主にムラサキガイ及びカンザシゴカイ科等であり、大阪湾奥部では過剰な分布が海域環境の悪化や生物多様性の低下の要因の1つとして問題視されているため、これらの分布が少ない護岸形式が「海生生物の生育・生息環境の創造効果」が高いと考えると、緩傾斜護岸が最も高く評価され、次いで傾斜護岸が高く評価された。なお、付着動物（移動性）は主にアッキガイ科及びヒトデ綱等であり、ムラサキガイ及びフジツボ亜目等を捕食する動物である。

以上のことから、緩傾斜護岸が「海生生物の生育・生息環境の創造効果」が最も高い護岸形式と考えられた。

表3－1 各調査地点における生物分布の概況（春秋平均）

処分場	調査地点	護岸形式	分布下限水深※		イラスト（3m以浅の個数）			
			海藻	付着動物	海藻	付着動物		魚類
						固着性	移動性	
神戸沖	A-5	直立	5.5m	6.0m	1.5	10.0	4.0	0.0
	A-4	傾斜	3.5m	3.5m	6.0	8.0	2.5	1.0
	A-2	緩傾斜	5.0m	6.5m	12.5	6.5	1.0	2.5
尼崎沖	B-2	直立	—	4.0m	0.0	10.5	2.5	0.0
大阪沖	C-1	直立	5.0m	5.0m	5.0	11.5	1.0	1.0
	C-2	傾斜	6.0m	5.5m	10.0	5.5	1.5	0.5
	C-3	緩傾斜	5.0m	5.5m	7.5	5.0	1.0	1.5
泉大津沖	D-3	直立	5.0m	6.0m	1.5	8.0	4.0	0.0
	D-2	傾斜	5.5m	6.0m	7.5	2.5	3.5	0.0
2場平均 （神戸・大阪沖）		直立	5.3m	5.5m	3.3	10.8	2.5	0.5
		傾斜	4.8m	4.5m	8.0	6.8	2.0	0.8
		緩傾斜	5.0m	6.0m	10.0	5.8	1.0	2.0

※ 分布下限水深は各図の各生物群のイラストのある最深部の水深帯（平均海面基準）

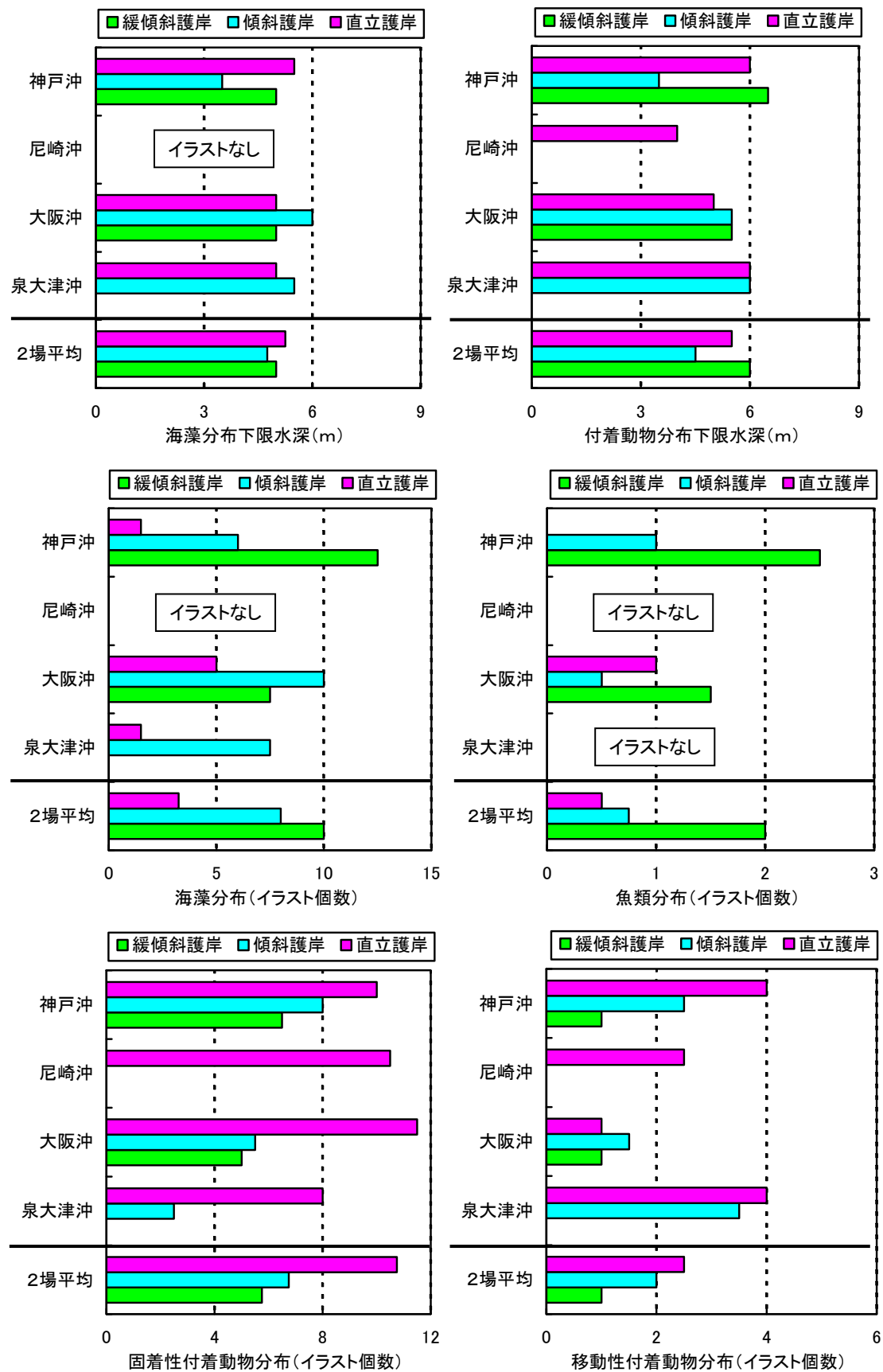


図3-5 各処分場における護岸形式別の生物分布の概況（春秋平均）

第4章 処分場護岸の主要海藻の分布量

1. 現存量

(1) 対象種 (図4-1)

神戸沖と大阪沖処分場で実施した主要海藻全周調査では、藻場構成種である大型褐藻7種、広範囲に多く分布していたその他の海藻6種類、合計13種類を対象とした。

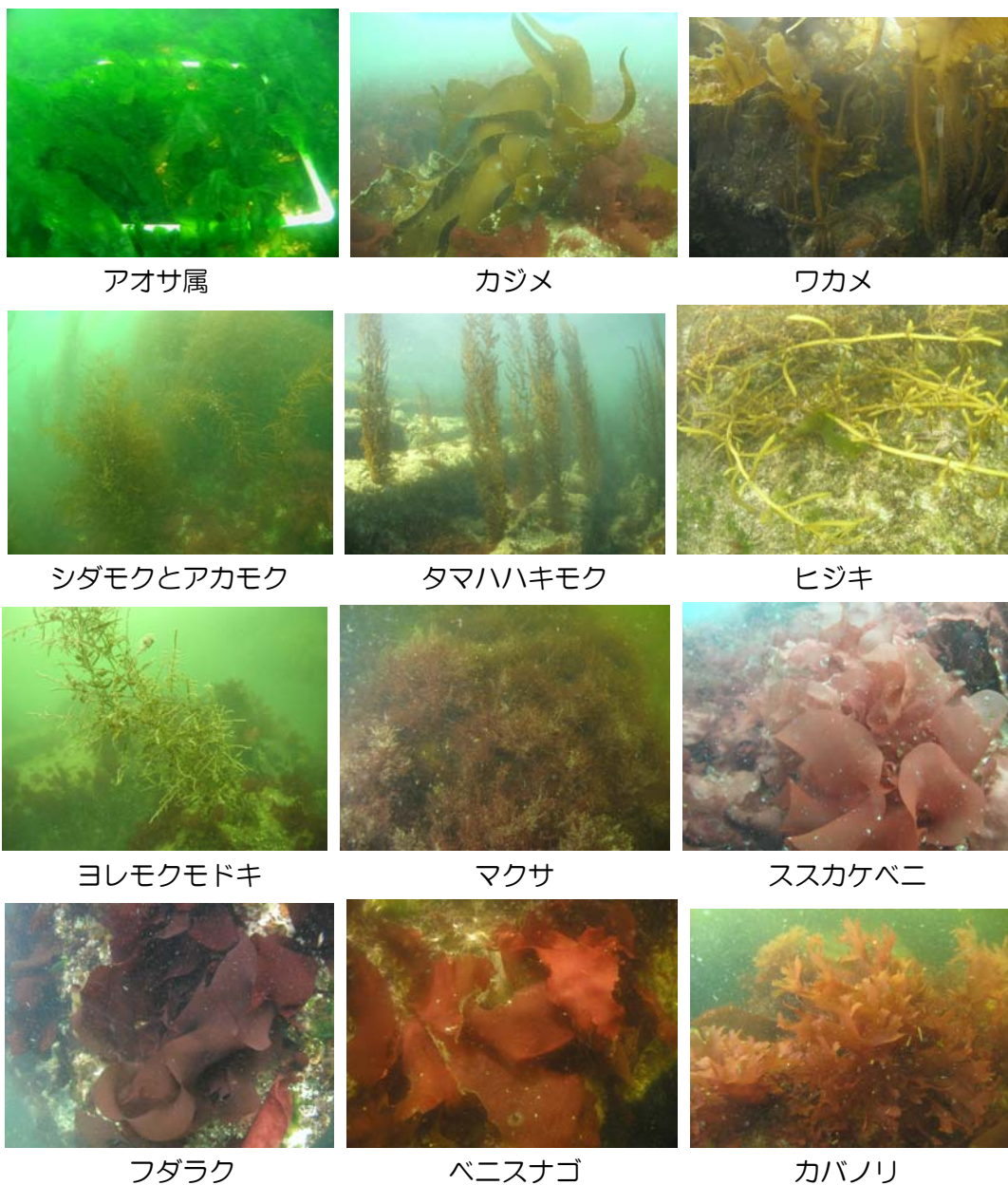


図4-1 対象種 (13 種類)

（２）現存量の試算結果（図４－２）

主要海藻の現存量を試算するに当たり、被度から湿重量に換算するため、藻場構成種では１株当たりの湿重量、その他の海藻では被度１％当たりの湿重量をそれぞれ算出して適用した。なお、これらの値はばらつきが大きいいため、それぞれ最小値と最大値を使用した場合の試算結果と両者の中間値を示した。

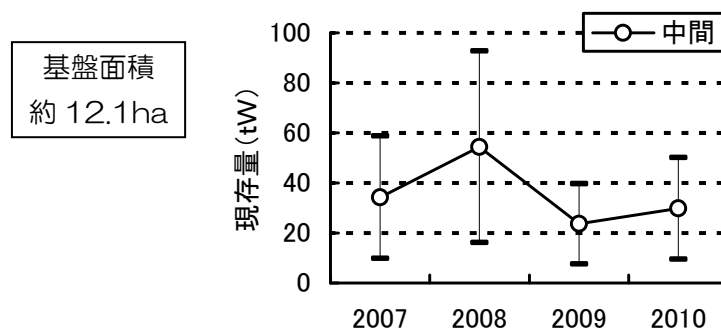
① 神戸沖処分場

神戸沖の中間値を見ると、２００７年春季は４０ｔ弱、２００８年春季は６０ｔ弱と最も多く、２００９年春季は２０ｔ強と大きく減少したが、２０１０年春季は約３０ｔと増加した。また、２０１０年春季については、紅藻綱のフダラクとベニスナゴが多く、藻場構成種は全体の約３０％であり、シダモクが最も多かった。

② 大阪沖処分場

大阪沖の中間値を見ると、２００７年春季は約２０ｔ、２００８年春季は６０ｔ弱と最も多く、２００９年春季は４０ｔ強とやや減少し、２０１０年春季もほぼ同じ水準を維持していた。また、２０１０年春季については、紅藻綱のススカケベニとフダラクが多く、藻場構成種は全体の約２０％であり、シダモクが最も多かった。

〔神戸沖処分場〕



〔大阪沖処分場〕

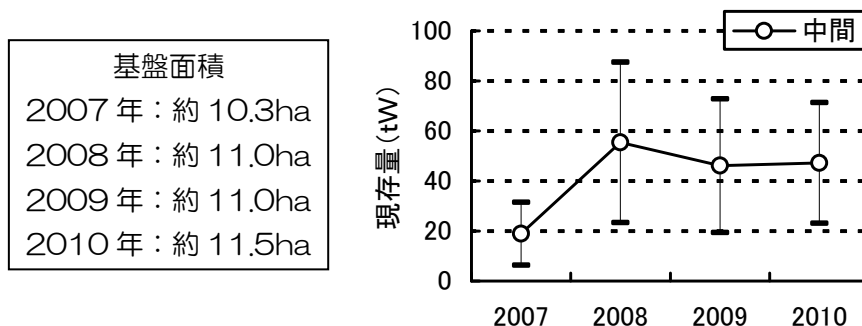


図４－２ 処分場護岸の主要海藻の現存量（湿重量）の試算結果

2. 年間生産量とCNP固定量

前項の主要海藻の現存量の試算結果に基づき、既存文献による年間生産量（P）と年間最大現存量（Bmax）の比（P/Bmax）の平均値（アオサ属は 3.14、大型褐藻 7 種は 1.1、紅藻綱 5 種は 1.95）を利用して主要海藻の年間生産量を試算した。また、主な対象種の化学組成分析の結果に基づき、神戸沖及び大阪沖処分場の主要海藻の年間のCNP固定量を算出した。単位面積当たりの年間生産量とCNP固定量の間接値を表4-1、護岸全周の年間生産量とCNP固定量を図4-3及び図4-4にそれぞれ示した。

（1）神戸沖処分場

神戸沖処分場の間接値を見ると、年間生産量（乾重量）については、2007 年春季は護岸全周で 10 t 弱（単位面積当たり約 70 g/m²）、2008 年春季は 15 t 弱（約 120 g/m²）と最も多く、2009 年春季は 10 t 弱（約 70 g/m²）と減少したが、2010 年春季は約 10 t（約 80 g/m²）とわずかに増加した。また、2010 年春季における各物質の年間固定量は、炭素で約 3 t（24 g/m²）、窒素で約 0.3 t（2.5 g/m²）、リンで約 25kg（0.2 g/m²）と推定された。

（2）大阪沖処分場

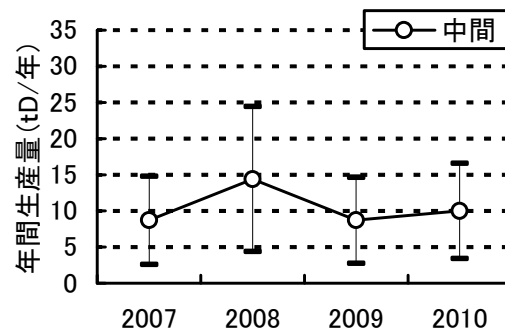
大阪沖処分場の間接値を見ると、年間生産量（乾重量）については、2007 年春季は護岸全周で 10 t 弱（単位面積当たり約 80 g/m²）、2008 年春季は 20 t 弱（約 180 g/m²）と最も多く、2009 年春季は 15 t 強（約 150 g/m²）とやや減少し、2010 年春季は約 15 t（約 130 g/m²）とわずかに減少した。また、2010 年春季における各物質の年間固定量は、炭素で約 4 t（34 g/m²）、窒素で約 0.4 t（3.2 g/m²）、リンで約 30kg（約 0.3 g/m²）と推定された。

表4-1 単位面積当たりの年間生産量とCNP固定量の間接値

処分場	調査時期	年間 生産量	炭素 固定量	窒素 固定量	リン 固定量
		gD/m ²	gC/m ²	gN/m ²	gP/m ²
神戸沖	2007 年（平成 19 年）春季	72	20	2.1	0.18
	2008 年（平成 20 年）春季	119	33	3.5	0.28
	2009 年（平成 21 年）春季	72	20	2.2	0.16
	2010 年（平成 22 年）春季	83	24	2.5	0.20
大阪沖	2007 年（平成 19 年）春季	82	20	2.3	0.18
	2008 年（平成 20 年）春季	178	43	4.8	0.39
	2009 年（平成 21 年）春季	148	36	4.0	0.32
	2010 年（平成 22 年）春季	127	34	3.2	0.28

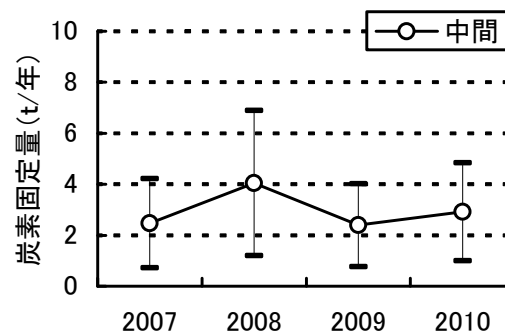
〔年間生産量（乾重量）〕

基盤面積
約 12.1ha



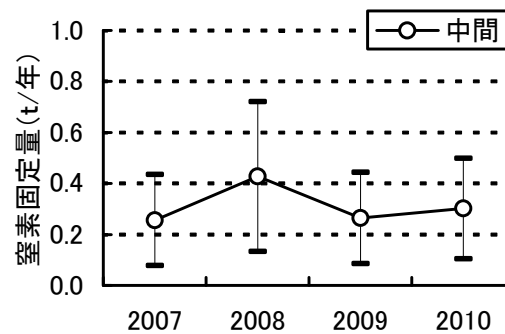
〔C（炭素量）〕

基盤面積
約 12.1ha



〔N（窒素量）〕

基盤面積
約 12.1ha



〔P（リン量）〕

基盤面積
約 12.1ha

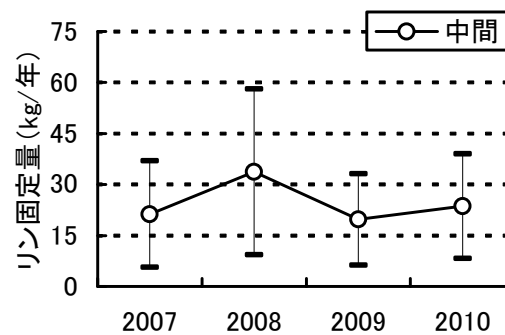
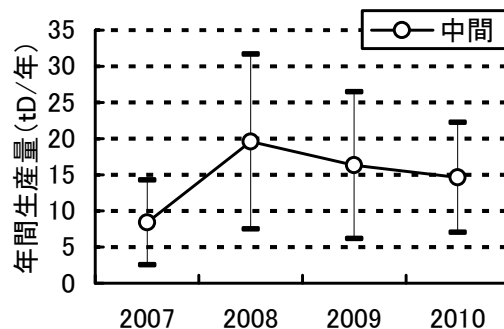


図4－3 神戸沖処分場護岸の主要海藻による年間生産量とCNP固定量

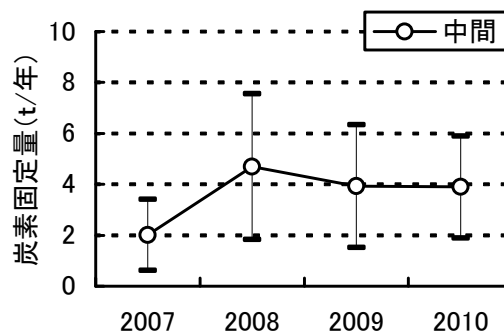
〔年間生産量（乾重量）〕

基盤面積	
2007 年	約 10.3ha
2008 年	約 11.0ha
2009 年	約 11.0ha
2010 年	約 11.5ha



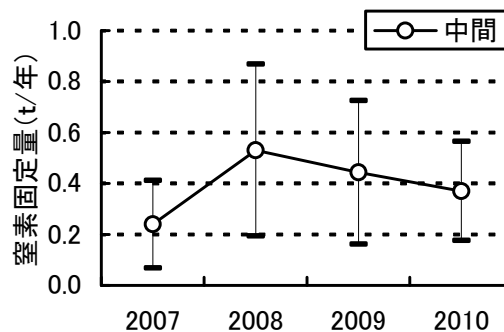
〔C（炭素量）〕

基盤面積	
2007 年	約 10.3ha
2008 年	約 11.0ha
2009 年	約 11.0ha
2010 年	約 11.5ha



〔N（窒素量）〕

基盤面積	
2007 年	約 10.3ha
2008 年	約 11.0ha
2009 年	約 11.0ha
2010 年	約 11.5ha



〔P（リン量）〕

基盤面積	
2007 年	約 10.3ha
2008 年	約 11.0ha
2009 年	約 11.0ha
2010 年	約 11.5ha

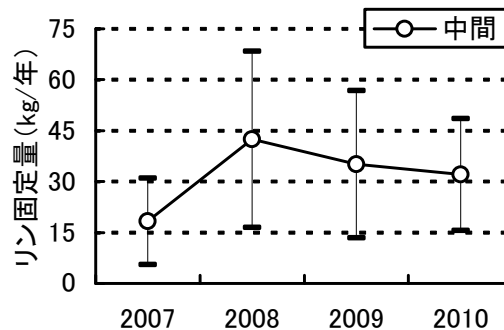


図4-4 大阪沖処分場護岸の主要海藻による年間生産量とCNP固定量

3. 分布量による評価

緩傾斜護岸に広がる主要海藻の分布量を評価するため、他の護岸形式との比較、並びに大阪湾の他の護岸として関西空港（1期島）及び神戸空港との比較を行うことにより、処分場護岸の現状を評価した。

なお、前項までの検討結果から2008年（平成20年）の主要海藻の分布量が突出していることから、評価するに当たっては、これを特異な状態とし、他の護岸との比較では、検討対象から除外した。また、大阪沖処分場における護岸全周が概成する以前のデータについても、他の護岸との比較では、検討対象から除外した。

（1）護岸形式による比較

護岸形式による主要海藻の現存量を比較するため、護岸別に単位面積当たりの主要海藻の平均現存量を集計した。

① 神戸沖処分場（図4-5）

平均現存量の中間値を見ると、北護岸（直立護岸）は概ね $0.1\text{kg}/\text{m}^2$ と最も少なく、西護岸（直立護岸）は $0.1\sim 0.3\text{kg}/\text{m}^2$ と少なく、南護岸（傾斜護岸）は $0.1\sim 0.5\text{kg}/\text{m}^2$ と多く、東護岸（緩傾斜護岸）は $0.3\sim 0.7\text{kg}/\text{m}^2$ と最も多かった。

調査年度に関係なく、緩傾斜護岸（東護岸）が最も多い傾向にあり、次いで傾斜護岸（南護岸）が多く、直立護岸（北護岸及び西護岸）は少ない傾向にあると考えられた。

なお、北護岸は水深8mと対象範囲がやや狭く、他の護岸は水深10mまでが対象範囲となっている。

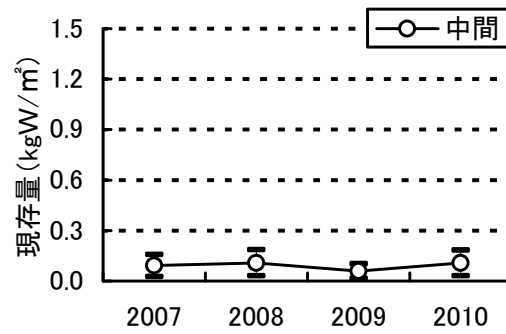
② 大阪沖処分場（図4-6）

平均現存量の中間値を見ると、北護岸（緩傾斜護岸）は $0.2\sim 0.6\text{kg}/\text{m}^2$ と多く、西護岸（傾斜護岸）は $0.3\sim 0.7\text{kg}/\text{m}^2$ と最も多く、南護岸（直立護岸）は $0.1\sim 0.4\text{kg}/\text{m}^2$ と少なく、東護岸（直立護岸）は約 $0.1\text{kg}/\text{m}^2$ と最も少なかった。

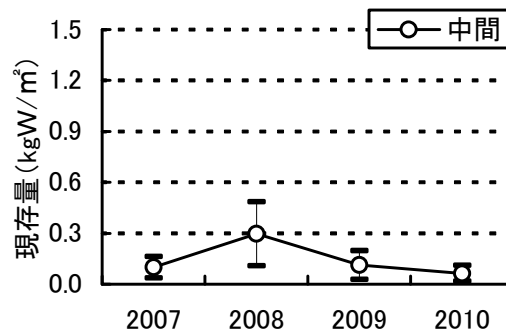
調査年度に関係なく、傾斜護岸（西護岸）が最も多く、次いで緩傾斜護岸（北護岸）が多い傾向にあり、直立護岸（南護岸及び東護岸）は少ない傾向にあると考えられた。

なお、東護岸は水深6mと対象範囲が狭く、2010年のみ主要海藻全周調査の対象範囲となり、他の護岸は水深10mまでが対象範囲となっている。

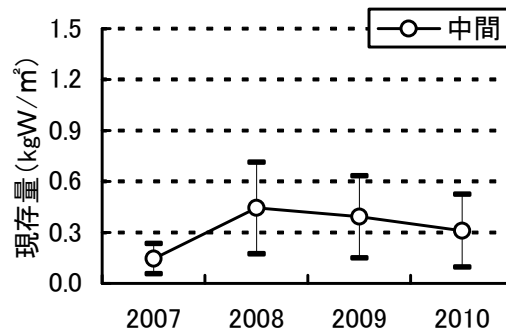
〔北護岸：直立護岸〕



〔西護岸：直立護岸〕



〔南護岸：傾斜護岸〕



〔東護岸：緩傾斜護岸〕

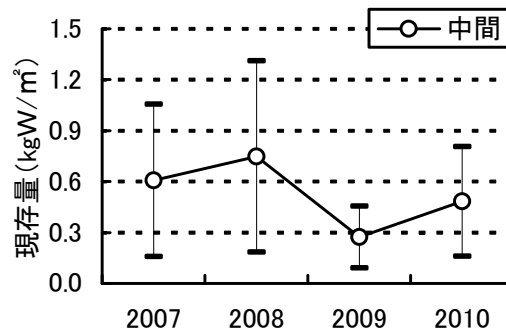
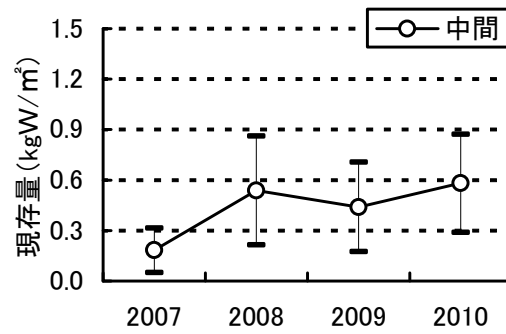
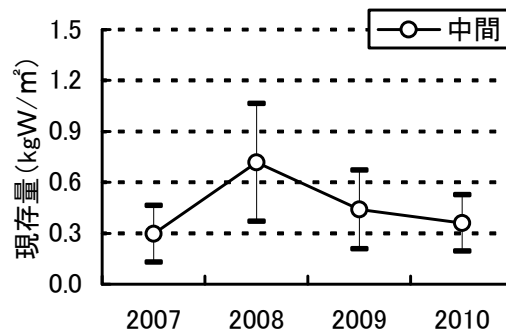


図4-5 神戸沖処分場護岸の単位面積当たりの主要海藻の平均現存量（湿重量）

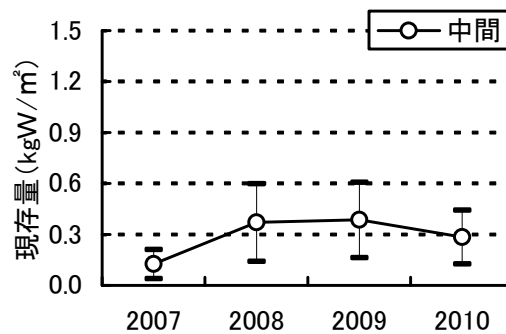
〔北護岸：緩傾斜護岸〕



〔西護岸：傾斜護岸〕



〔南護岸：直立護岸〕



〔東護岸：直立護岸〕

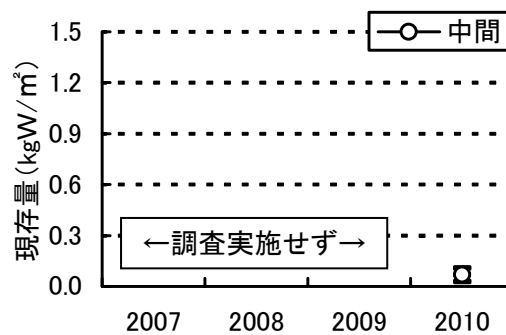
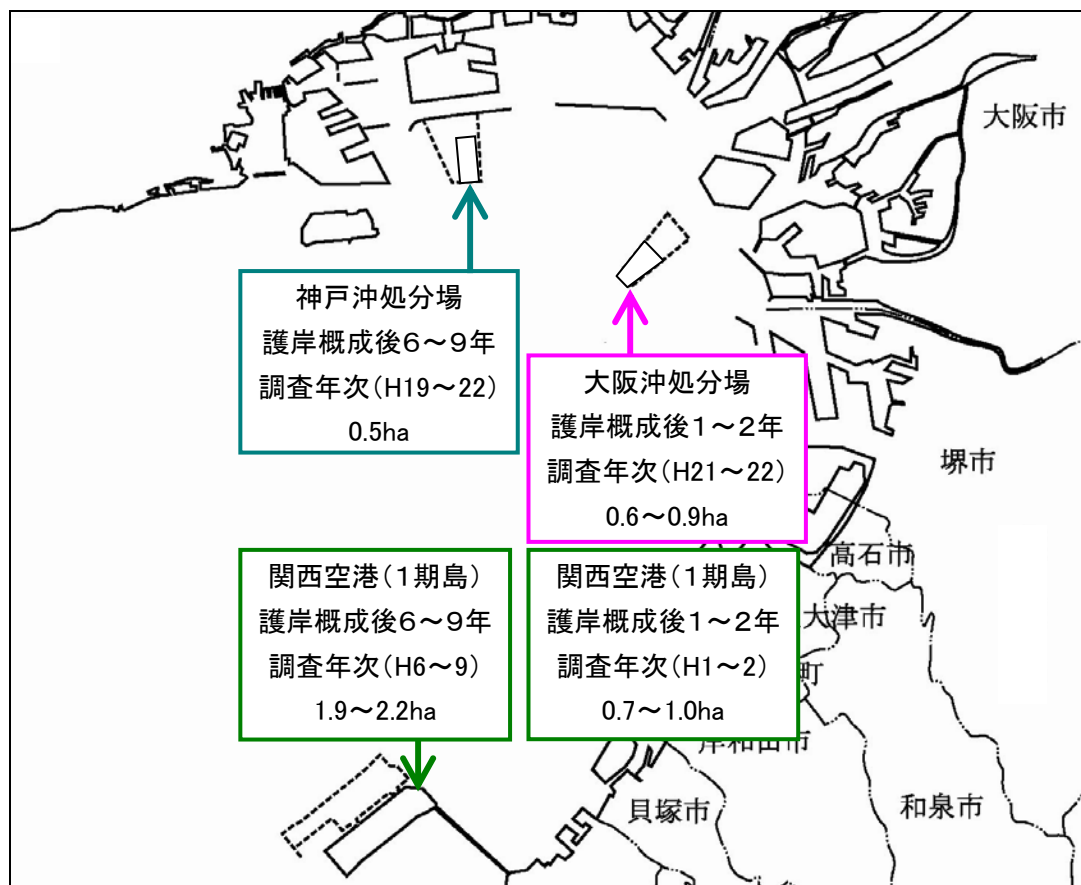


図4-6 大阪沖処分場護岸の単位面積当たりの主要海藻の平均現存量（湿重量）

(2) 他の護岸との比較

① 関西空港護岸の着生面積との比較 (図4-7)

阪上ほか(2003)は藻場の着生面積を藻場構成種の出現又はその他の海藻の被度が5%以上ある護岸面積としている。関西国際空港(株)・関西国際空港用地造成(株)「関西国際空港2期事業の実施に伴う平成20年度環境監視結果(概要版)」によると、関西空港(1期島)護岸の着生面積は、護岸延長約10.5kmに対し、護岸概成後1年目で7ha、6年目で20haに増加し、これを護岸延長1kmあたりに換算すると0.7haから1.9haに増加していた。阪上ほか(2003)に従い、神戸沖及び大阪沖処分場護岸の主要海藻の着生面積を集計した結果、神戸沖の着生面積は、護岸延長約3.9kmに対して1.8~2.0ha、護岸延長1kmあたりの着生面積では0.5haであった。また、大阪沖の着生面積は、護岸延長約3.7~4.5kmに対して2.8~3.2ha、護岸延長1kmあたりの着生面積では0.6~0.9haであった。当試算では対象種が少なく、対象範囲がやや狭い等、調査方法の違いがあり、海域環境の条件も異なるため、単純な比較は困難であるが、大阪沖処分場は関西空港(1期島)に近い水準と評価できた。

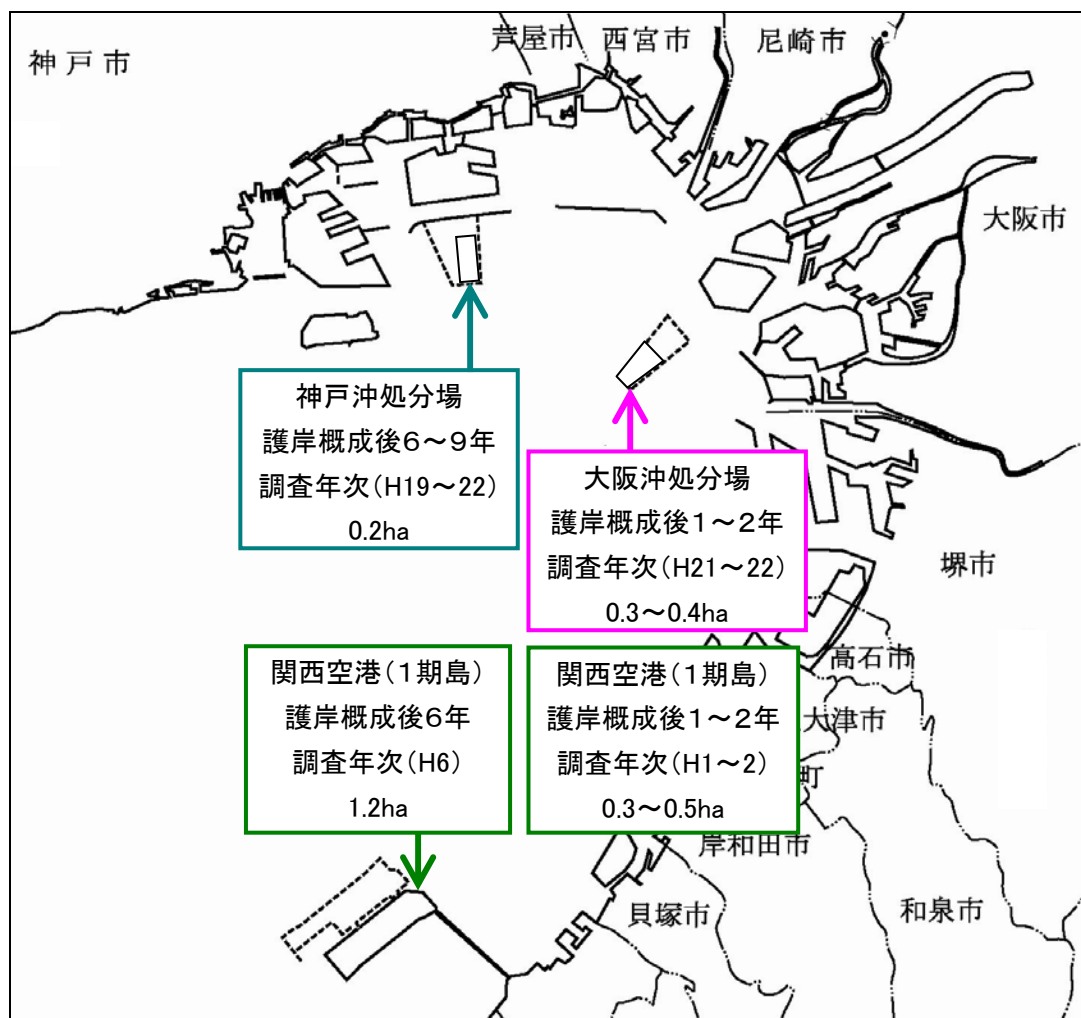


※ 関西空港(1期島)のデータは「関西国際空港2期事業の実施に伴う平成20年度環境監視結果(概要版)」よりデータを読み取り

図4-7 大阪湾各地の護岸全周の春季の海藻の平均着生面積(護岸延長1kmあたり)

② 関西空港護岸の実勢面積との比較（図4－8）

阪上ほか(2003)は藻場の実勢面積を海藻が着生している実質的な面積と定義しており、着生面積を被度で補正した面積である。関西空港（1期島）護岸（平均海面から水深11mまでの範囲）の実勢面積は、護岸延長約10kmに対し、護岸概成後1年目で3ha、4年目で12haに増加し、これを護岸延長1kmあたりに換算すると0.3haから1.2haに増加していた。阪上ほか(2003)に従い、神戸沖及び大阪沖処分場護岸の主要海藻の実勢面積を集計した結果、神戸沖の実勢面積は、護岸延長約3.9kmに対して0.7ha、護岸延長1kmあたりの実勢面積では0.2haであった。また、大阪沖の実勢面積は、護岸延長約3.7～4.5kmに対して1.4ha、護岸延長1kmあたりの実勢面積では0.3～0.4haであった。前項と同様に、当試算では対象種が少なく、対象範囲がやや狭い等、調査方法の違いがあり、海域環境の条件も異なるため、単純な比較は困難であるが、大阪沖処分場は関西空港（1期島）に近い水準と評価できた。

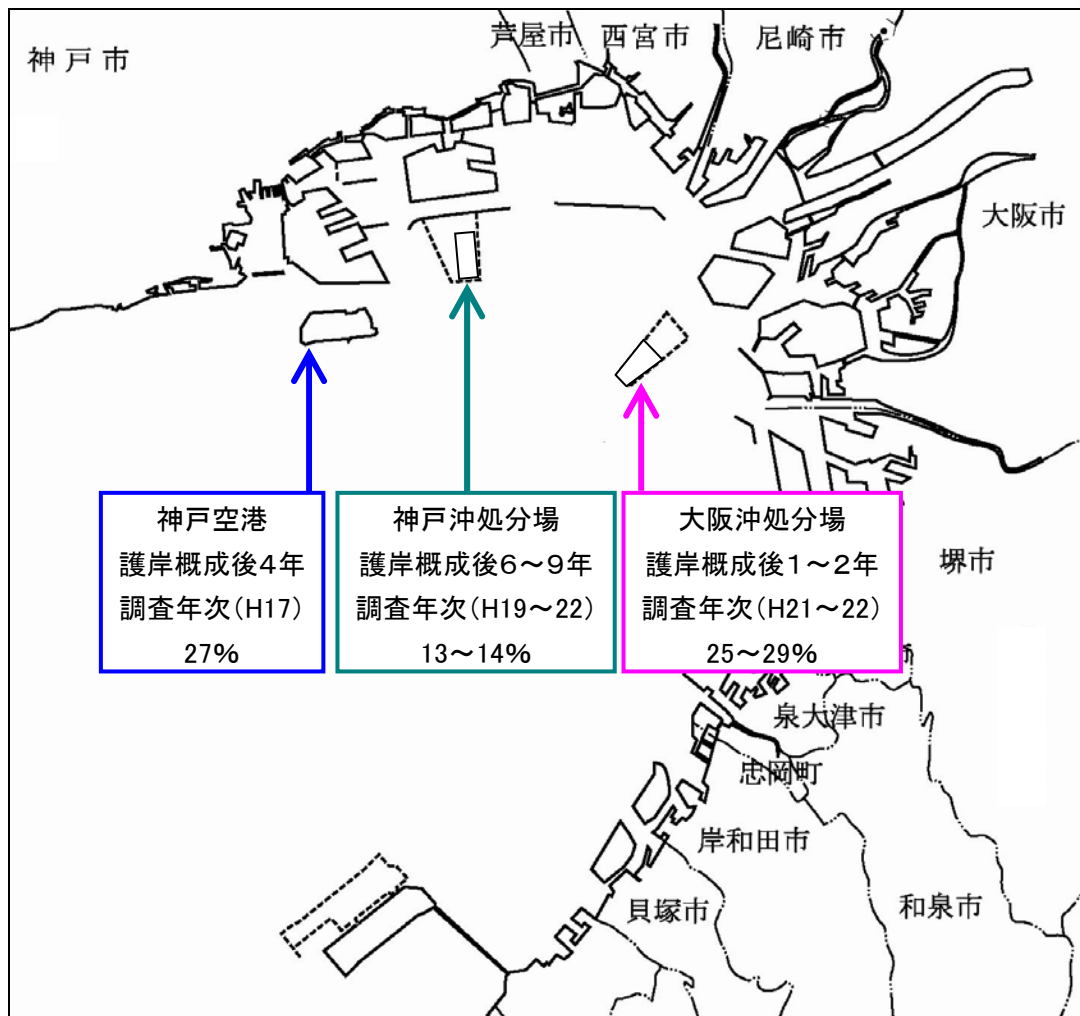


※ 関西空港（1期島）のデータは阪上ほか（2003）より春季（3～6月）データを読み取り

図4－8 大阪湾各地の護岸全周の春季の海藻の平均実勢面積（護岸延長1 km 当たり）

③ 神戸空港護岸の平均被度との比較（図4－9）

山本（2008）によると、神戸空港護岸（平均海面から水深6mまでの範囲）の藻場の平均被度は護岸概成後、4年目で27%であった。このデータと比較するため、神戸沖及び大阪沖処分場護岸の同じ水深帯における主要海藻の平均被度を集計した結果、神戸沖では13～14%、大阪沖では25～29%であった。当試算では対象種が少ない等、調査方法の違いがあり、海域環境の条件も異なるため、単純な比較は困難であるが、大阪沖処分場は神戸空港に近い水準と評価できた。



※ 神戸空港のデータは山本ほか（2008）より春季（3月）データを引用

図4－9 大阪湾各地の護岸全周における春季の海藻の平均被度

第5章 総括

〔検討・評価のまとめ〕

大阪湾における埋立処分場の護岸に見られる海生生物（海藻、付着動物及び魚類）の分布状況を把握するため、2006 年度（平成 18 年度）から各処分場において測線調査を実施し、緩傾斜護岸を整備した神戸沖及び大阪沖処分場については、主要海藻の分布状況を把握するため、2007 年度（平成 19 年度）から全周調査を実施してきた。

以上の調査結果に基づき、処分場の護岸に見られる海生生物の種類数について検討を行った結果、各処分場の護岸に見られる海生生物の種類数は、各生物群とも、海域環境の諸条件により、関西空港（1 期島）及び神戸空港の護岸より少なかったが、最も湾奥部に位置する尼崎沖処分場に比べると、その他の処分場の護岸に見られる海生生物の種類数は多く、多様な生物が生育・生息していると考えられた。

次に測線調査の結果に基づき、処分場の護岸形式別に海生生物の分布状況の春季から秋季への変化を検討した結果、各処分場、各護岸形式とも、夏季を経て生物分布が減少する傾向があることが分かった。また、各生物群の分布量（概量）を護岸形式別に比較すると、海藻は緩傾斜護岸が最も多く、付着動物は緩傾斜護岸が最も少なく、魚類は緩傾斜護岸が最も多い傾向が確認されたことから、緩傾斜護岸は「海生生物の生育・生息環境の創造効果」が最も高いと考えられた。

また、全周調査の結果に基づき、護岸形式別に主要海藻の分布量を比較した結果、神戸沖処分場では緩傾斜護岸が最も多く、大阪沖処分場では傾斜護岸と緩傾斜護岸が多く、緩傾斜護岸は両処分場に共通して主要海藻の分布量が多い傾向が見られたことから、「海生生物の生育・生息環境の創造効果」が高いと考えられた。一方、処分場の護岸に生育する主要海藻の分布量を試算した結果によると、神戸沖処分場の主要海藻の分布量は関西空港（1 期島）及び神戸空港より少なかったが、経過年数が短い大阪沖処分場の主要海藻の分布量は関西空港（1 期島）及び神戸空港に近い水準であった。

以上の検討・評価の結果は、年による変動、調査結果のばらつき等、今後の課題を残しているが、これまでの調査結果に関する限り、護岸形式別の評価では、直立護岸、傾斜護岸、緩傾斜護岸の順に「海生生物の生育・生息環境の創造効果」が高くなると考えられ、処分場別の評価では、最も湾奥部にある尼崎沖処分場、その他の処分場（神戸沖、大阪沖及び泉大津沖）、湾奥部から離れた関西及び神戸の両空港護岸の順に「海生生物の生育・生息環境の創造効果」が高いと考えられた。

〔得られた成果〕

上記の検討・評価の結果より、緩傾斜護岸は「海生生物の生息環境の創造効果」が高いことが確認されるとともに、今後の海域環境の保全・創造に資する有用な技術であると評価できた。今後もモニタリングを継続し、更なる検討を進めることにより、大阪湾が有する生態系ポテンシャルを活用した水質浄化、並びに温室効果ガス削減等の効果を最大限に引き出す設計条件を検討する際の基礎資料が得られると考えられ、本成果は今後の護岸整備に資する貴重な成果と考えられる。

〔今後の課題と取り組み〕

神戸沖処分場では、北側の海域で工事が予定されており、海域環境が変化する可能性があり、大阪沖処分場では、護岸概成、汚濁防止膜撤去後の経過年数が約2年と短いため、海生生物の出現及び分布状況は変化する可能性が考えられる。そのため、両処分場については、海域環境の安定後、数年間は海生生物のモニタリングを行い、海生生物の出現及び分布状況の変化を追跡する必要があると考えられる。

また、尼崎沖処分場は、最も湾奥部に位置し、造成後の経過年数が長く、海域環境が安定し、直立護岸のみであるため、これまでの調査により必要な情報はほぼ得られていると考えられる。一方、泉大津沖処分場は、造成後の経過年数が長く、海域環境が安定し、同じ護岸に直立及び傾斜護岸が隣接しているため、数年間に1回、海生生物のモニタリングを行い、海生生物の出現及び分布状況の再評価を行うことが望ましいと考えられる。

モニタリングを実施するに際しては、海藻及び魚類はそれぞれ春季及び夏季に最も多くの出現及び分布が見られると考えられるため、春季及び夏季に1回は最低限、実施する必要があると考えられる。また、主要海藻の分布量の試算結果については、最大値と最小値の開きが大きかったことから、定量化の精度を向上するため、簡易定量分析を実施する必要があると考えられる。なお、付着動物の簡易定量分析を行うと、分布量の定量化が可能となるため、より詳細な生物群集の解析が可能となり、「海生生物の生育・生息環境の創造効果」の評価精度が向上するものと考えられる。

なお、大阪沖処分場の緩傾斜護岸上の海藻分布は泉大津沖処分場より多く、護岸概成後の経過年数を踏まえると、関西空港（1期島）に匹敵していることが明らかとなった。両者を比較すると、周囲の水質等、海域環境の条件で大阪沖処分場が勝っているとは考えられない。大阪沖処分場の海藻の分布面積や現存量等が大きいのは、エスチュアリー循環の影響を受け、海藻の胞子の供給が多いこと、比較的汚濁の少ない海水が護岸面や海藻表面を洗っていること等が考えられる。

このことは、埋立地の位置、護岸の向き等、湾内の海水の流れに配慮して決めることによって、より効果的に海藻の生育環境を創造することが可能であることを示唆している可能性が考えられる。但し、関西空港では藻食性の付着動物であるウニ類の分布が非常に多いこと、ウニ類に摂餌されることにより海藻の生産量が増大していることが報告されている。しかしながら、大阪沖処分場においては、ウニ類等の藻食性の付着動物はあまり分布していない。今後は「海生生物の生育・生息環境の創造効果」の維持・管理の面から、この理由についても明らかにする必要があると考えられる。

また、尼崎沖処分場は、海水交換及び水質とも悪い場所であり、生物は乏しく、「海生生物の生育・生息環境の創造効果」が小さいことが示された。但し、直立護岸のみであることから、このような海域環境の下で緩傾斜護岸の効果が発揮できるかどうかについては、今回は明らかにできておらず、今後の課題と考えられる。

＜終わりに＞

大阪湾の水質、生息する生物の現状については大学、研究機関、住民団体などにより多くの調査が行われ、多くの事実が明らかにされてきました。かつては多くの生物をはぐくみ、豊かな漁業生産を誇り、沿岸住民にとっても身近な海であった大阪湾も、他の閉鎖性内湾と同様にさまざまな問題を抱え、多くの沿岸生物にとって住みづらい、生物多様性が低下した状態が続いています。また、これまでの種々の調査から、その原因がどこにあるのかも明らかにされつつあります。

湾沿岸域中央部から湾奥部に広く広がっていた干潟と砂浜が埋め立てられ、太陽光が底まで届く浅場がなくなりました。そしてそこに生活していた生物の生活場所が奪われました。浅場は貝類や海藻類の生活場所であると同時に多くの稚魚の生活の場でもありました。そこで生活していた多くの生物から始まる食物連鎖がなくなり、その連鎖によって担われていた水質の浄化機能も失われました。

浄化機能の消失と同時に、河川からの有機物や栄養塩の過剰な流入による富栄養化が進行しました。それに伴って生じた赤潮も多くの沿岸生物に大きなダメージを与えました。赤潮プランクトンの一次生産量は大きく、大量の有機物を生産します。しかしこの有機物は動物プランクトンに食べられることがないため、食物連鎖によって、海の魚類の生産にはつながっていきません。死亡したプランクトンが海底に溜まり、分解され多くの海中の酸素を消費し、海底の環境悪化を引き起こしました。

大阪湾の埋め立て地はコンクリートの直立護岸で囲まれた臨海工業地帯に生まれ変わりました。原材料を運び込み、製品を搬出するための水路で囲まれ、埋め立て地周辺の海水の動きは妨げられました。直立護岸上ではそこで生活できる生物は限られています。直立の岸壁に側系でくっついて生活し、周辺の富栄養化した海水中で大量に増えたプランクトンを濾過して食べて成長するムラサキイガイのみの世界です。複雑な地形を持つ普通の岩礁海岸ではイガイ類はヒトデなどに食べられ、単一種のみ優占することはありません。直立護岸ではイガイ類を食べる生物が生息できないため、食物連鎖が成り立ちません。夏の高水温期にはムラサキイガイは弱り、岸壁から離れて海底に落下し、そこで死亡し分解されます。この時に大量の酸素が消費されます。酸素がほとんど含まれていない海水（貧酸素水塊）が湾奥の海底に広く広がっています。このような海底にはほとんどの生物は住むことができません。岸から沖へ吹く風が続くと、この酸素を溶かしていない海水が表面にまで上昇し、表面近くの生物を殺します。これが青潮です。浅場の埋め立てによる水質浄化能の消失、直立護岸による生物多様性の低下、海水の停滞と海底の無酸素化が同時に進行しているのが大阪湾の現状です。これらを改善することによって、大阪湾がかつての豊かな海に戻るのです。

これらの調査結果をふまえて、この現状を改善するにはどのような試みが必要かについてのいくつかの提案もなされ、環境の悪化した湾中央部付近の護岸でも小規模なスケールでのいくつかの実験、エコ岸壁実験、ミニ干潟実験等がなされています。しかし、最も環境の悪化した湾奥部ではどの程度改善効果があるのか、多用な生物の生息が可能なのかについては確かめられていません。さらに、大阪湾の環境改善にどの程度寄与できるのかを検証できる程度のスケールで現場の海で確かめること、その場で新たな環境の創造を伴う検

証を行うには大きな困難が横たわっています。特に問題がより大きい大阪湾湾奥部で確かめるには、よほどの大きな発想の転換がなければ、さまざまな企業活動や港湾機能を損なわずに行うのはほぼ不可能ではないかと思われていました。

大阪湾の湾奥部では近畿一円の廃棄物の処理場として、フェニックス計画による埋め立てが進行しています。この人工島は現在埋め立てが規制された大阪湾で許された唯一の大規模な海岸形状の改変です。当然この埋め立てで、広い海面が消失し、そこに生息していたベントス、プランクトン、魚類の生活場所は失われます。ところが人工島の周囲は昔の埋め立て同様に直立護岸で囲まれるのではなく、多くは緩傾斜の構造で囲まれています。そこでは浅場環境を含む新たな生息環境の創出が見られます。護岸上にどのような生物が住みつき、どの様に変化していくか、どの様な生物間相互関係が形成され、どの様な食物連鎖が形成されるのかを明らかにすることは大阪湾の環境の今後を考える上で重要なことです。幸いフェニックス計画で造成された人工島では、護岸造成の初期よりどの様な生物が入植し、どの様な生態系が形成されるのかについての詳細な調査がなされています。この調査はこれから大阪湾の環境の改善、どの様にすれば生物多様性を回復し、豊かな大阪湾を取り戻せるかを考える上で非常に重要な意味を持ちます。この評価レポートはその調査によって明らかにされた事実を、分かりやすく解説したものです。沿岸住民の方々が大阪湾の環境改善に取り組む際に、大きな力になることと信じています。

大阪湾の生物多様性の回復は、私達の生活にどのような意味を持つのでしょうか。これからの社会を支えるのは持続可能な資源である生物資源です。この生物資源の価値に気づき、それらを利用する技術を開発、入手して、資源を安定的に確保することが私達が生き延びるために欠かせないことです。沿岸の生物資源は陸から流入した栄養塩によって支えられ、この資源を賢く利用することが海の環境を守ることに繋がっています。大阪湾の生物多様性を回復させ、多くの生物を資源として取り出し利用することが湾内の循環機能を回復させ、赤潮の発生や青潮、貧酸素水塊の縮小にも繋がっていきます。

海生生物評価委員会
委員長 中原 紘之

<謝辞>

大都市圏を後背地に持つ閉鎖性海域である大阪湾においても、適切な場があれば多様な海生生物が生育・生息する豊かな環境を生み出す力が十分にあることを、今回の調査で示すことができました。

本レポートが、今後の大阪湾の海域環境を考えていくなかで、関係機関の様々な取り組みの参考となり、役立つことができるように願います。

本レポートのとりまとめにあたり、ご指導ご助言をいただきました海生生物評価委員会の先生方、調査実施に協力いただいた関係機関に深く感謝申し上げます。

平成 23 年 3 月

大阪湾広域臨海環境整備センター

海生生物評価委員会 委員名簿

氏名	所属・職名	分野
大塚 耕司	大阪府立大学大学院 工学研究科 教授	海洋環境評価 海洋システム工学
川井 浩史	神戸大学理学部 教授 (内海域環境教育研究センター長)	藻類学 海洋植物生態学
※ 中原 紘之	前 京都大学大学院 地球環境学堂 教授	海洋生物学 沿岸域生態系保全論
矢持 進	大阪市立大学大学院 工学研究科 教授	環境水域工学

※ 委員長（五十音順、敬称略）



エコアクション21
認証・登録番号0001170