

関西国際空港島護岸の藻場造成による環境創造効果について

尾崎正明*・伊藤利加**・奥田泰永***・二宮早由子****

1. はじめに

1994年9月に開港した関西国際空港は、世界最大級の沖合人工島型式の海上空港であり、そのため計画当初から海域環境との調和について対応を図ってきた。特に、空港島の護岸については、延長11.2 kmの約80%を占める8.7 kmに緩傾斜石積護岸を採用し、積極的に藻場造成を実施している。現在、その護岸には広い藻場が形成され、多種多様の付着生物や大型海藻が生育している。

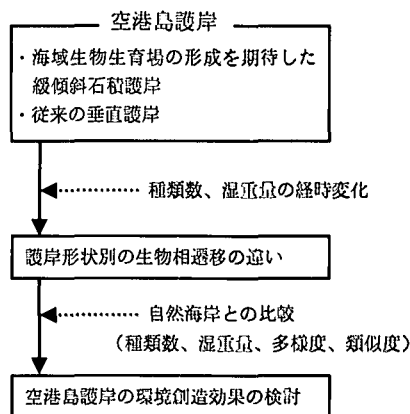
一般的に、藻場は魚介類の産卵場所やその幼稚子の育成場所としての機能や、海藻自体あるいは海藻に付着する微小な生物を餌料として魚介類に提供する機能がある。この他、藻場の海藻には光合成によって水中の二酸化炭素を吸収し、酸素を出すことにより溶存酸素を増加させたり、富栄養化物質であるリンや窒素を吸収することによる水質浄化機能がある。

ここでは、海藻分布調査を通して、大阪湾内での空港島藻場が果たす役割を述べる。また、護岸概成時から約12年間におよぶ空港島護岸にみられる海藻（種類数、湿重量）の定量調査を通して、垂直護岸と緩傾斜石積護岸と生物相の遷移の違いを述べるとともに、空港島護岸と自然海岸の藻場の状況を検討するため、空港島の対岸に位置する自然海岸調査データとの比較を行った。具体的には、海藻の生物量、海藻の種類数および湿重量から算出する多様度指数を用いた海藻の多様性、海藻群落の類似性をふまえたうえで、空港島護岸の藻場造成による環境創造効果を検討した。

図-1 に護岸の環境創造効果を検討するための考え方を示す。

2. 調査位置および調査方法

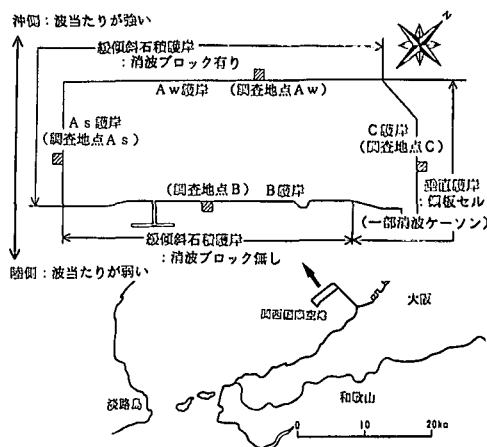
調査は、1988年12月～2000年2月までの約12年間の各季に行い、護岸全体の観察を行う海藻分布調査と、各護岸中央部に位置する4定点での生物の定量調査を行った。図-2に示すとおり、緩傾斜石積護岸のうち、沖側北



図一1 空港島環境創造効果検討の考え方

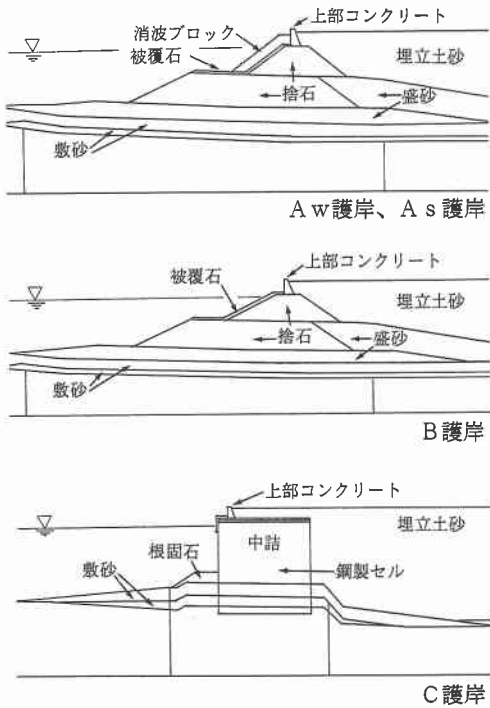
西方向に調査地点 Aw, 南西方向に調査地点 As, 沿岸方向に調査地点 B を設け, 北東方向の垂直護岸に調査地点 C を設けた。

海藻分布調査は、Aw, As, B 護岸では平均水面から水深 7~8 m の小段までを、C 護岸では垂直面を潜水目視観察によって着生する海藻の種類、被度の観察を行った。定量調査は 4 定点の平均水面下 0, 1, 2, 5 m の各層において 50 cm 方形枠をあて、刈り取りを行い、採取したサンプルは種を同定し、種類ごとの湿重量を測定した。調

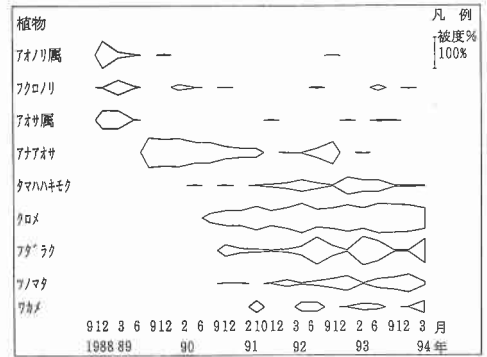


圖一-2 調查地点位置圖

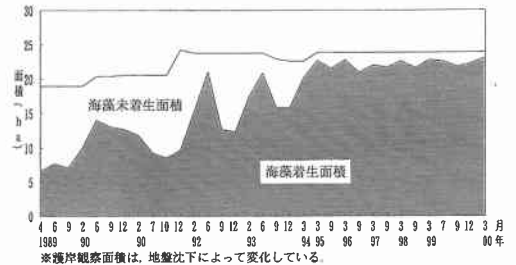
- ・フェロー 関西国際空港(株) 建設事務所長
- ・正会員 関西国際空港(株) 建設事務所
- ・正会員 (株)関西総合環境センター
- ・正会員 (株)東京久栄



図一3 調査地点護岸断面図



図一4 海藻植生の初期遷移



図一5 護岸観察面積変化と海藻着生面積

査地点の護岸断面図は図一3に示すとおりである。

3. 調査結果および考察

3.1 海藻分布調査結果

a) 護岸の海藻植生の初期遷移

護岸での海藻の遷移について、B護岸での例を図一4に示す。当初は、緑藻植物のアサ属、アオリ属や小型褐藻植物のフクロノリが優占していたが、その後、大型褐藻植物のクロメ、ワカメ、タマハハキモクや紅藻植物のフダラク、ツノマタ等に優占種が遷移していった。1988年にB護岸ではクロメの種苗移植を行っていることから、クロメは明らかに移植種苗が再生産したことによって広がったものといえる。

b) 海藻の着生護岸面積の推移

海藻被度が5%以上で分布していた、あるいは、海中林やガラモ場となる海藻が分布していた護岸面積を海藻着生面積とすると、護岸観察面積に対する海藻着生面積の推移は図一5に示すとおりである。

海藻着生面積は1989年頃には護岸観察面積の約4割であったが、季節変動はみられるものの徐々に増加し、1992年からピーク時には約9割を占める状態となり、1995年以降は20～24 haと安定した状態が続いている。

大阪湾では、1978年以降に消滅した藻場は約210 ha、現存する藻場は434 haであり、特に空港島対岸の泉南

市、泉佐野市での消滅藻場は約90.5 haと報告(環境庁, 1997)されている。空港島で海藻が着生している藻場面積は1999年度で約24 haであり、大阪湾の藻場の約5%にあたる。藻場が減少しているといわれている昨今、空港島の藻場は大阪湾内の貴重な藻場として、周辺海域に寄与しているものといえる。

c) 藻場の拡大速度

1990年にAw護岸、As護岸ではカジメ、1988年にB護岸ではクロメの種苗移植を行っており、被度5%以上の藻場の広がり方をみると、藻場の拡大速度は表一1に示すとおり、B護岸<As護岸<Aw護岸の順となり、流れの速い沖側の方が拡大速度は大きかった。

藻場の繁茂域は流れ藻等によって母藻が漂着するか、胞子や卵が放出されて波に運ばれ定着することにより拡大される。また、生育場所の環境が適している場合は歩留まりが良く、繁茂域の拡大がより促されることになり、藻場の拡大速度は大きくなると考えられる。

3.2 定量調査結果

a) 種類数の経年変化

定量調査でみられた海藻の種類数の変化を図一6に示す。種類数は、調査開始当初から垂直護岸、緩傾斜石積護岸ともに増加し続けており、枠あたりの出現種類数が垂直護岸では1988年度に10種類、緩傾斜石積護岸では15～20種類であったが、1999年度にはそれぞれ33種類、

表-1 藻場の拡大速度

護岸	移植種	種苗設置時期	拡大速度	期 間
B 護岸 (岸側)	クロメ	1988 年 12 月	110 m/年	1999 年まで
As 護岸 (南側)	カジメ	1990 年 12 月	217 m/年	
Aw 護岸 (沖側)	カジメ	1990 年 12 月	511 m/年	

* 拡大速度は被度 5%以上であった範囲を移植地からの距離で計算した。

66~71 種類と約 3 倍ほどに増加していた。

b) 湿重量の経年変化

海藻の出現湿重量の時系列変化を図-7 に示す。

湿重量は、1988 年度には垂直護岸で $5 \text{ g}/0.25 \text{ m}^2$ 、緩傾斜石積護岸で $10 \sim 144 \text{ g}/0.25 \text{ m}^2$ であった。垂直護岸ではその後、出現量はほぼ一定であり、1999 年度には $22 \text{ g}/0.25 \text{ m}^2$ であった。緩傾斜石積護岸では調査開始後 4 年目の 1991 年度頃より、各調査地点とも出現湿重量が $100 \text{ g}/0.25 \text{ m}^2$ を超え、1999 年度では $435 \sim 666 \text{ g}/0.25 \text{ m}^2$ となり、1988 年度の約 3~15 倍に増加した。

c) 護岸形状による違い

護岸形状で比較すると、垂直護岸でみられる種類数や出現湿重量は緩傾斜石積護岸のそれらと比べて少ない。一般に、垂直護岸への日射は護岸自身に遮られるため深所までとどきにくいことや、壁面が垂直であり海藻の胞子や卵が付きにくいことがいわれている(エコポート(海域)技術 WG, 1998)。そのため、垂直護岸では海藻の生育する層や種が制限され、出現種類数や出現湿重量が少ない結果になったものと考えられる。

また、緩傾斜石積護岸でも出現湿重量に違いがあり、調査地点 Aw、As では 1991 年度から紅藻植物のフダクが、また、1993 年度から大型褐藻植物のワカメやカジメが調査地点 B よりも早く出現した。これは、ワカメやカジメが比較的流れのある清浄な海域を好むため、流れの弱い調査地点 B よりも沖に面する調査地点 Aw、As の方が生育場所として適していたことや、空港島護岸で

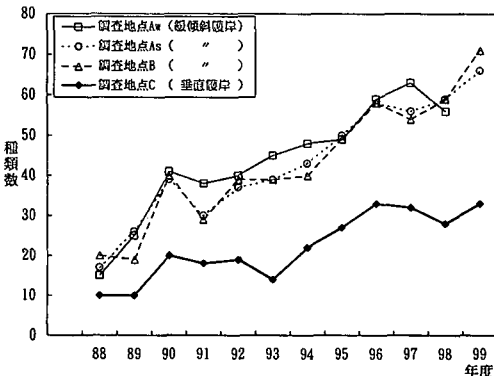


図-6 海藻の種類数時系列変化

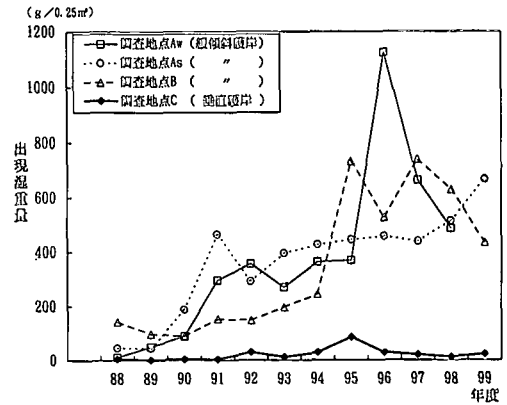


図-7 海藻の湿重量時系列変化

はカジメ等の大型褐藻植物の種苗移植が行われており、これらの移植場所の違いや繁殖速度の違いにより差がみられたことが考えられる。

d) 海藻群の遷移

表-2 に示すとおり、1989 年からの春季データを用いて、クラスター分析(群分け処理)を行い、護岸の付着海藻の遷移を調べた。

類似度指数の算出に Janssen の類似比を用い、20 の似通ったグループに群を分けた。次に、それぞれのグループにおいて主体となる種を調べた後、時系列的にデータを並べた。

それぞれのグループの主体的な種組成をみると、アオノリのような緑色のアオサ類が属する緑藻植物が主体となった群、ツノマタ、フダクが属する紅藻植物が主体となった群、ワカメやカジメ等が属する褐藻植物が主体となった群の 3 種類であった。

なお、緑藻植物主体の植物群を○、紅藻植物主体の植物群を●、褐藻植物主体の植物群を◎、出現種がみられなかった場合を×で表している。

調査開始時には、どの調査地点でも緑藻植物が主体の群がみられ、調査開始後 3 年目頃から、紅藻植物が主体の群が多くみられるようになった。調査開始後 7 年目頃から、調査地点 Aw、As、B では褐藻植物主体の植物群が多くみられ始め、近年では浅所で紅藻植物、深所で褐藻植物が混在した状態となっている。また、垂直護岸である調査地点 C は他の調査地点と異なり、緑藻植物、紅藻植物が主体となって遷移している。

3.3 自然海岸との比較

空港島護岸と空港島対岸にある自然海岸の平均水面下 2 m 層の付着生物データを用いて比較を行った。空港島と自然海岸の調査地点の位置関係は図-8 に示すとおりである。

自然海岸と空港島護岸の各調査地点での出現種類数、

表-2 クラスター分析結果

調査地点	Aw				As				B				C			
調査層 (m)	0	1	2	5	0	1	2	5	0	1	2	5	0	1	2	5
1989 年度 5 月	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×
1990 年度 5 月	○	●	●	●	○	●	●	●	○	○	○	○	○	×	×	×
1991 年度 5 月	○	●	●	●	○	●	●	●	○	○	○	○	○	×	×	×
1992 年度 5 月	●	●	●	○	●	●	●	●	○	○	○	○	○	●	●	×
1993 年度 5 月	●	●	●	○	●	●	●	●	○	○	○	○	○	●	●	○
1994 年度 5 月	●	●	●	○	●	●	●	○	×	○	○	○	○	●	●	●
1995 年度 5 月	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1996 年度 5 月	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1997 年度 5 月	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1998 年度 5 月	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1999 年度 5 月	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

クラスター区分：20 カット類似度：0.023



図-8 自然海岸調査地点位置図

出現湿重量を図-9、図-10 に示す。自然海岸は 1998 年春季、空港島は 1999 年春季のデータを用いた。自然海岸では 23 種類、緩傾斜石積護岸では 20~22 種類が確認され、種類数はほとんど同じであったが、出現湿重量は緩傾斜石積護岸が 1,062~1,918 g/0.25 m² と自然海岸の 2.2~4.1 倍であった。これは、空港島では大型褐藻植物のカジメ、ワカメや比較的大型の紅藻植物であるツノマタ等が自然海岸よりも多く生育していることによるものと考えられる。また、垂直護岸である調査地点 C では、種類数が 5 種類で出現湿重量が 9.37 g/0.25 m² と自然海岸よりも種類数、出現湿重量ともに少なかった。

また、出現した植物群集の多様性をみるために、多様度指数 (情報理論に基づく $H(s)$ 指数) を用いて評価した。

多様度指数は、種類数が少なくなったり、特定種の優占割合が大きくなると、群落組成の単純化がみられて多様度指数は小さくなる。

空港島護岸の春季調査における多様度指数を時系列的に示すと図-11 のとおりとなる。なお、グラフ内の点線で表した基準線は、自然海岸の多様度指数の最大値、最小値であり、調査が行われた 1997 年度、1998 年度の春季データを用いたものである。

これをみると、調査開始当初にみられた調査地点 Aw、As の多様度指数の低下は、紅藻植物のフダラクが出現湿

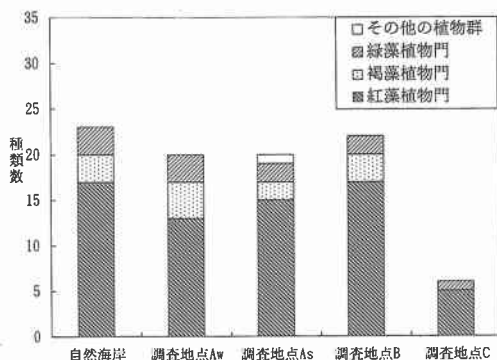


図-9 海藻の種類数における自然海岸との比較

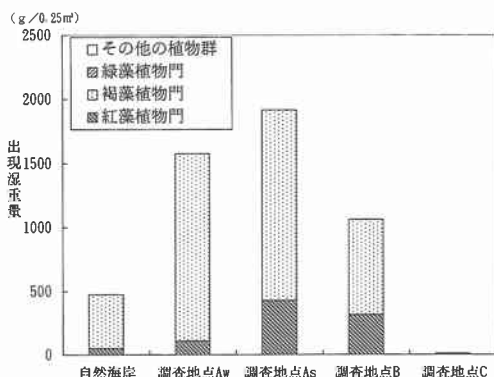


図-10 海藻の湿重量における自然海岸との比較

重量のほとんどを占めたことによる。しかし、1994 年度あたりから、多様度指数は 0.4~1.2 の範囲で、自然海岸の 0.7~1.2 とほぼ同じレベルで推移しており、自然海岸と同様、多様性のある海藻群落が形成されていると考えられる。

さらに、空港島護岸と自然海岸の植物群落組成がどれだけ類似してきているかを、Janssen の類似比を用いて類似度指数として比較した。

1998 年における自然海岸の春季データを基本とし、それに対する空港島護岸の春季データを用いて類似度指数を求めた。類似度指数は群落の組成が自然海岸に類似するほどその値は 1 に近づく。

図-12 に示すとおり、調査地点 Aw では 1997 年度から、調査地点 As では 1995 年度から、調査地点 B では 1998 年度から、自然海岸との類似度指数が高くなる傾向がみられた。

4. ま と め

以上の調査結果を要約すると、次のようになる。

- 1995 年以降、空港島の海藻着生面積は 20~24 ha と護岸観察面積の約 9 割を占めている。

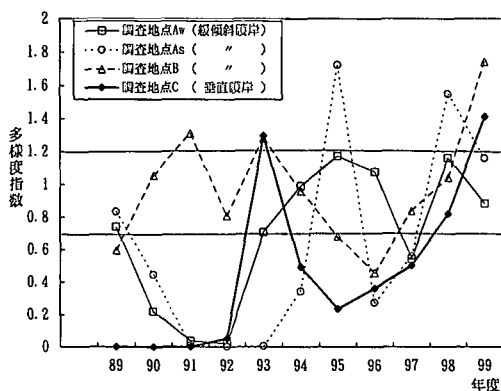


図-11 多様度指数の変化

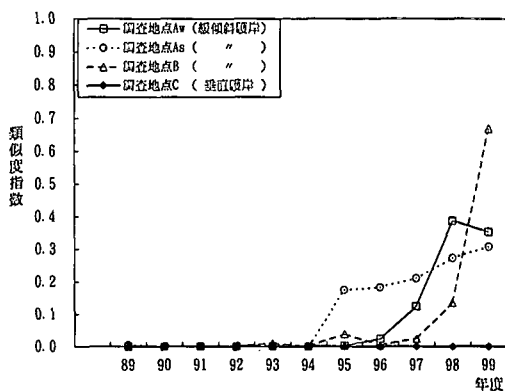


図-12 海藻群の類似度指数における自然海岸との比較

- b) 空港島の海藻着生面積は、1995年には大阪湾の藻場の約5%に相当する藻場が形成されていた。藻場が減少しているといわれている昨今、空港島の藻場は大阪湾内の貴重な藻場として、周辺海域に寄与しているといえる。
- c) 緩傾斜石積護岸の方が垂直護岸よりも種類数、湿重量ともに、概成時からの増加率が大きく、特に、波当たりの大きい沖合の緩傾斜石積護岸の方が、海藻の出現湿重量が大きかったことから、沖合の方が海藻の生育場所として適しているといえる。
- d) 調査地点Aw, As, Bでは、緑藻植物から紅藻植物主体の群に遷移がみられ、近年では浅所で紅藻植物、深所で褐藻植物が混在した状態となっている。また、垂直護岸である調査地点Cは他の調査地点と異なり、緑藻植物、紅藻植物が主体となって遷移している。
- e) 緩傾斜石積護岸では、調査開始後7年目の1994年頃から自然海岸とほぼ同等の多様性のある、類似した海藻群落形成されつつあるといえる。

参考文献

- エコポート(海域)技術WG編(1998): 港湾構造物と海藻草類の共生マニュアル, 財団法人港湾空間高度化センター 港湾・海域環境研究所, 98 p.
- 環境庁編(1997): 日本の藻場, 干潟, サンゴ礁の現況, 第2巻 藻場, pp. 189-200.
- 社団法人日本水産資源保護協会編(1992): 漁場保全機能定量化事業 環境が海藻類に及ぼす影響を判断するための「判断基準」と「事例」, 104 p.
- 日本水産学会編(1981): 藻場・海中林, 水産学シリーズ38, 恒星社厚生閣, 163 p.
- 養父恒夫・林利加・二宮早由子・帯津直彦(1999): 空港島緩傾斜護岸の藻場造成, 関西国際空港開港5周年記念国際シンポジウム関連ワークショップ, pp. 9-1~9-10.