

緩傾斜護岸の生物多様性向上技術に関する 現地実証実験による研究

RESEARCH BY THE LOCAL ACTUAL PROOF EXPERIMENT ABOUT THE
BIODIVERSITY IMPROVEMENT TECHNOLOGY OF GENTLE SLOPE
REVTMENT

井口 薫¹
Kaoru IGUCHI

¹正会員 国土交通省近畿地方整備局神戸港湾空港技術調査事務所 (〒651-0082神戸市中央区小野浜町7番30)

Kansai International Airport In Gentle slope revetment, formation of the large-scale alga zone was made and precious environment is brought about in Osaka Bay. However, compared with the natural rocky coast, it became clear in past research that the biodiversity of Gentle slope revetment is scarce. Therefore, Kansai International Airport For the purpose of the further environmental functional improvement of Gentle slope revetment, the experimental facility modeled on the natural rocky coast is developed, and this research has started in 2006. This paper describes three years of interim report of this research

Key Words : Biodiversity, Gentle slope revetment, Kansai International Airport, Osaka bay

1. 調査の経緯

関西国際空港 1 期島の緩傾斜護岸では, これまでの調査研究¹⁾により, 緩傾斜護岸築造から 7~8 年後にはカジメ, ホンダワラ類による藻場形成がなされ, 空港島の藻場は大阪湾のなかでも藻場面積で大きな割合を占めている. また, 魚類ではカサゴ, メバル, アイナメ等の生息が確認され, 関西国際空港 1 期島の緩傾斜護岸は地域と共生した貴重な生物環境資源となっている.

しかし, 空港島から最も近い大阪湾の南部に位置する大阪府岬町の自然岩礁海岸と比較した最近の研究知見²⁾によれば, 関西国際空港 1 期島の緩傾斜護岸と自然岩礁海岸とは次の差異がみられた.

- ・護岸の法面が被覆石によって固められ, 均一で変化に乏しい形状となっており, また直線的であるため流れも一定で, 生物相の多様性に乏しい.
- ・また, 同様に細かい隙間がないため, 小型カニ類, エビ等の生息場所・隠れ場所がなく, それらの生息数が非常に少ない.
- ・そのため, 関西国際空港で確認されたカサゴは, 胃内容物検査等の結果, 餌となる小型カニ類, エビ等が少なく, 個体がやせている.

さらに, 護岸の法面が被覆石で固められて波浪等に対しても安定しているため, ホンダワラ類等の大型藻類は繁殖しているが, 貝類幼生等が好んで摂食

する微小付着藻類にとっては, 石材の転がりによる着生面の更新がないことはマイナスであるとの指摘もなされている.

以上のように, 関西国際空港 1 期島の緩傾斜護岸は現在でも貴重な生物環境資源であるものの, 環境機能向上の余地があるため, それらの改善を目的に本研究を実施するものである.

2. 実験施設

2002 年 2 月に竣工した関西国際空港 2 期島の波除堤に 2006 年 3 月に実験施設を造成した(図-1 参照). 実験区は, 捨石の規格(大きさ)の異なる均しを行っていない間隙の多い築磯区 A 部(200~500kg), B 部(10~200kg), C 部(10~200kg), 簡易改良手法としての石籠実験装置を設け, 比較対象として, 通常の緩傾斜護岸のままの対照区を設けた.

各区の概要は, 次に示すとおりである.

築磯区: 5m×8m の大きさを持つ頂上部を, 約 10m 間隔に 3 箇所設置(図-2)

石籠区: 築磯区の存在による流れの影響を受けないと思われる位置(築磯区から 60~70m 離れた位置)とし, 石籠(写真-1)を 4 基設置(図-3)

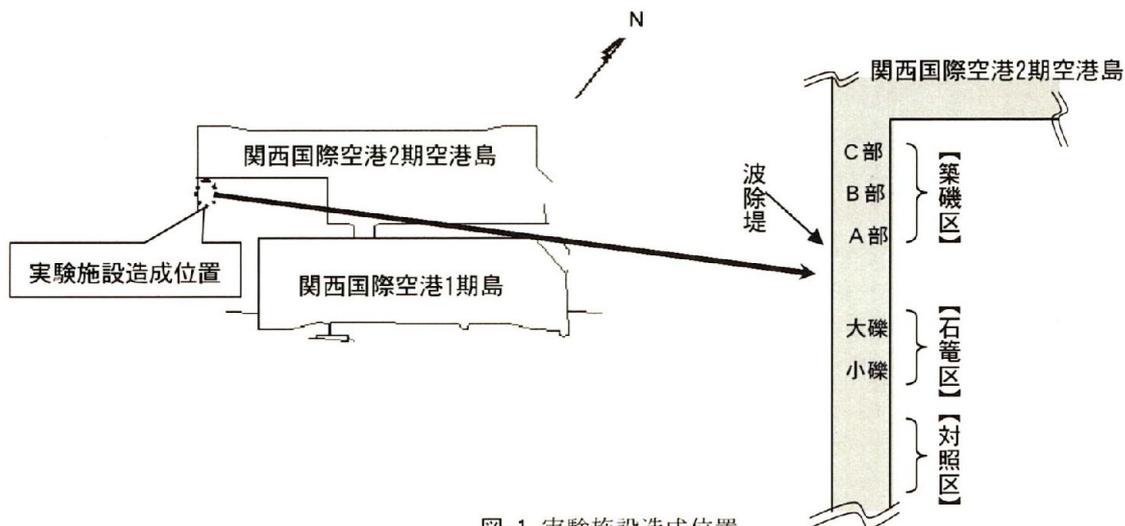
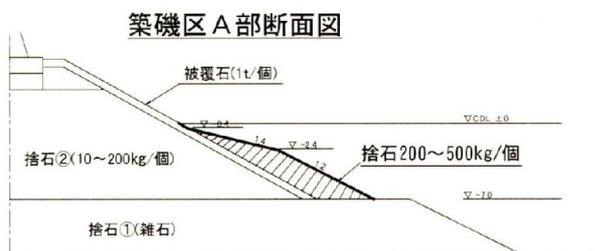


図-1 実験施設造成位置

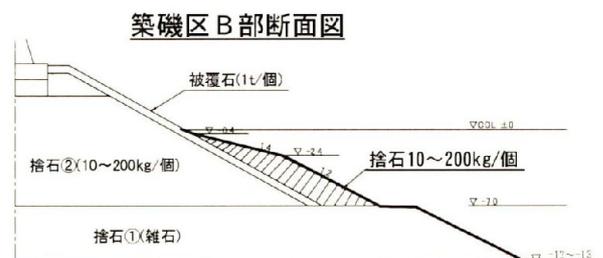
対照区：石籠実験装置から 30~40m 程度はなれた位置（築磯区から 100m 程度離れた位置）



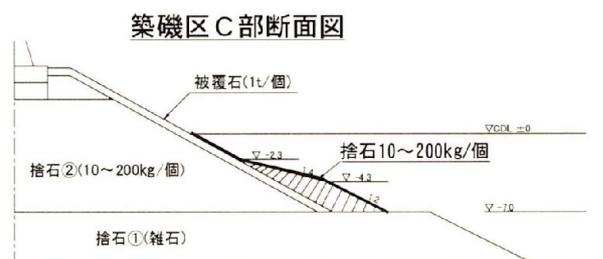
写真-1 簡易改良手法の検討に用いた石籠



築磯区 A 部断面図

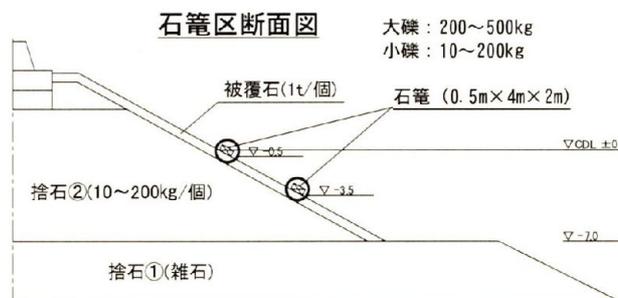


築磯区 B 部断面図



築磯区 C 部断面図

図-2 築磯区断面図



石籠区断面図

図-3 石籠区断面図

3. 実験テーマ

実験テーマは、1) 緩傾斜護岸の生物生息空間の創出効果をさらに強化すること、2) 大阪湾・湾奥の港湾区域に多くみられる直立護岸に適用可能な環境改善機能付加を検証することとした。1) は築磯区造成による効果の検証を、2) は直立護岸に対する簡易な改良手法(石籠)の効果の検証を行った。

特に、緩傾斜護岸への築磯造成については、地形に突起をつけることで、流況の差異による多様な生息空間の創出や、海底地形が複雑化することによる隠れ場所や生息場所の創出により、生物相が多様化することを狙いとしており、対照区との比較により、造成後の効果の検証を行った。

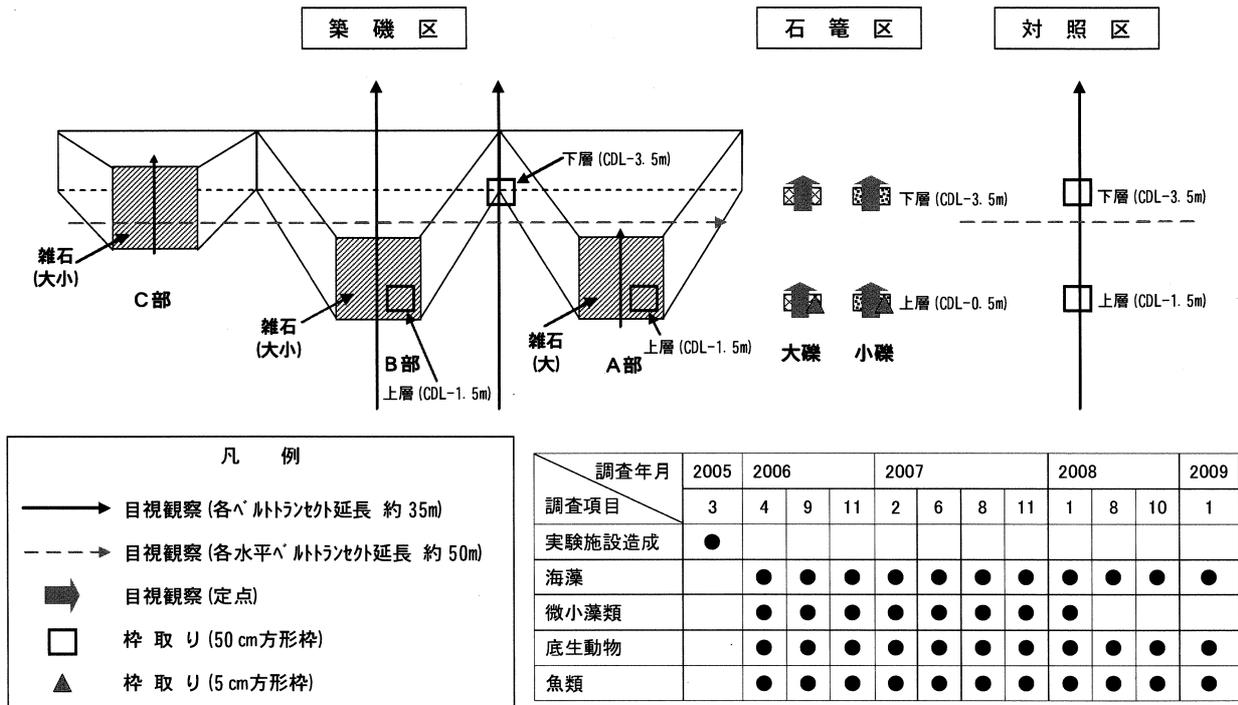


図-4 調査位置図

4. 調査概要

2006年3月の実験施設の設置後、2006年4月～2009年1月まで、概ね四季毎に築磯区と対照区との比較実験調査（海藻分布（石籠では微小藻類）、底生動物分布、魚類分布）を図-4に示す地点で行った。

調査は、海藻、底生動物は枠取り（50cm×50cm）とベルトトランセクト法により行い、魚類はベルトトランセクト法により行った。付着藻類は5cmの方形枠を用い、枠取りを行った。

ベルトトランセクト法は、連続する2m×2mの枠を用い、石積堤上部から海底までを対象に、被度及び大型海藻の藻長を目視により連続観察した。さらに、2008年以降は、汀線と並行に設置したライン上において、水平方向の観察を追加実施した。

5. 調査結果

(1) 海藻

海藻の枠取り結果について、種数及び多様度指数を図-5～図-8に示す。なお、調査は概ね四季毎に実施しているが、海藻は季節的な消長が大きいので、繁茂期である冬～春（2006年4月、2007年2月、同年6月、2008年1月、2009年1月）に限定してグラフを作成した。

海藻出現種数は、築磯造成当初は上層、下層とも対照区の方が大きい値を示したが、上層では2

年目以降、築磯区と対照区の差は小さくなり、約3年が経過した2009年1月には築磯区のほうが多くの海藻が確認された。下層については、2007年2月以降、対照区と築磯区で同程度の値で推移していたが、2009年1月には対照区より種数が少なくなった。

多様度指数は、上層については種数と同様に、2008年1月以降、築磯区のほうが若干ではあるが、多様度指数が大きい値を示した。下層では2007年2月に築磯区が対照区を上回ったが、その後は築磯区と対照区とも減少傾向を示した。

築磯区下層（A-B谷部）では、ヨレモクモドキやカジメ等の大型海藻が優占してきており、この影響で種数や多様度指数が低下傾向を示している。

一方で対照区下層では、優占種の湿重量が大きいため、多様度指数が低くなっているが、その優占種はヨレモクモドキであったり、ヘラヤハズ、ヤハズグサ属、ワカメであったりと調査回ごとに変わり、築磯区とは異なった状況にある。

種数や多様度指数は2009年1月時点で、対照区と築磯区に大きな差異は認められないが、築磯区（特に下層）では大型海藻のカジメ等が増加しており、海中林が形成されつつある（写真-2）。

一方、対照区の被覆石上ではカジメの生育は少なく、ヤハズグサ等が優占している（写真-3）。

汀線と水平方向の観察結果では、築磯区の畝状に創出された凹凸に対応した海藻の繁茂状況が観察された（図-9参照）。

対照区ではこのような状況は確認されず、こうした凹凸が流況等に変化を与え、海藻の分布に多様性を与えたことが示唆された。

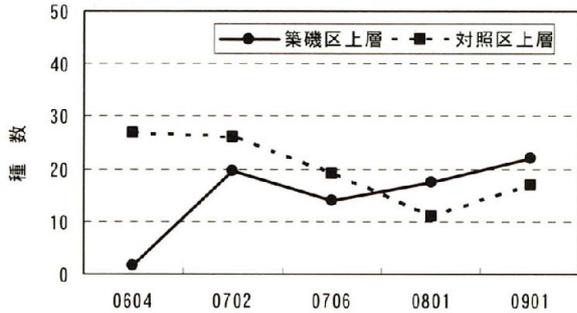


図-5 棒取り調査における海藻の種数推移 (上層)

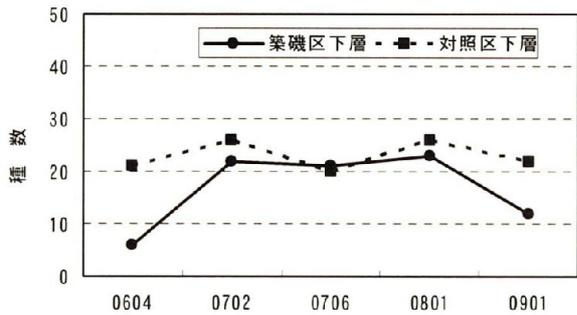


図-6 棒取り調査における海藻の種数推移 (下層)

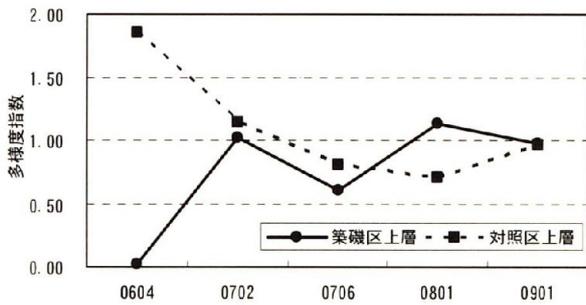


図-7 棒取り調査における海藻の多様度指数推移 (上層, 多様度指数 H' : Shannon-Wienwer 自然対数による計算値)

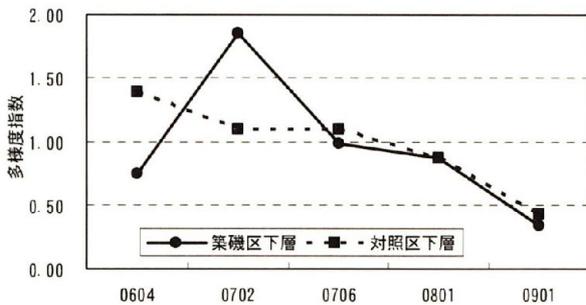


図-8 棒取り調査における海藻の多様度指数推移 (下層, 多様度指数 H' : Shannon-Wienwer 自然対数による計算値)

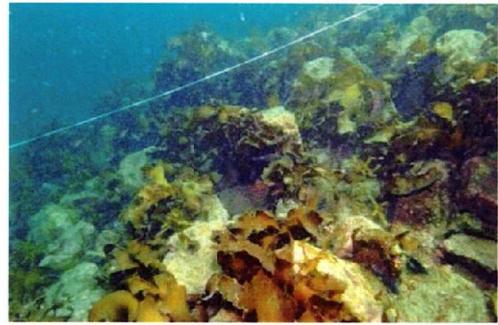


写真-2 築磯区に生育するカジメ



写真-3 対照区の優占種 (ヤハズグサ)

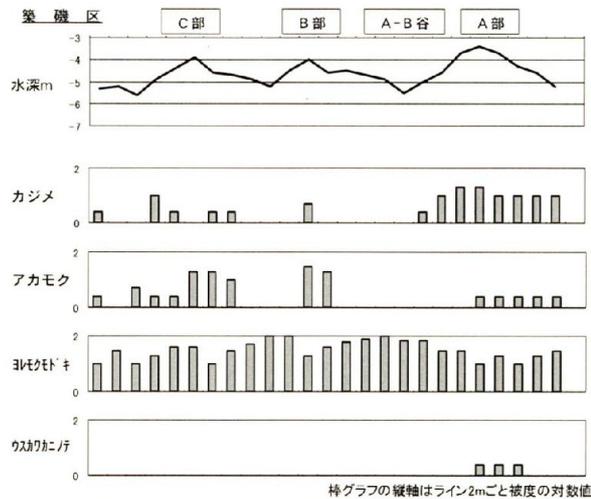


図-9 水平ライン上の大型海藻観察結果 (2009年1月)

(2) 微小藻類

微小藻類の棒取り結果について、種数と細胞数を図-10に示す。

大礫 (200~500kg, 写真-4) では、冬季に細胞数がピークを示し、その前後の季節で少なく、比較的明瞭な季節変化を示した。小礫 (10~200kg, 写真-5) は、2007年2月以降漸減傾向にあり、大礫のような季節的な変動パターンはみられず、変動幅も小さかった。

このような差は、小礫が波浪による揺れを受けやすく、礫表面が削られやすいことが要因となっていることが考えられる。

また、これらの結果から、石籠区では、波浪に

よる揺れ（礫同士の擦れあい）によって、植生面の更新が行われていたと考えられる。

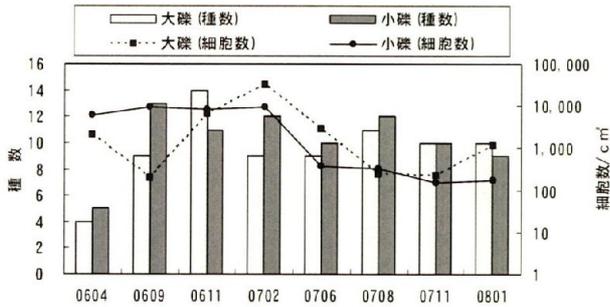


図-10 微小藻類の種数と細胞数の推移



写真-4 微小藻類の生育状況（大藻）



写真-5 微小藻類の生育状況（小藻）

(3) 底生動物

底生動物の枠取り結果について、種数及び多様度指数を図-11、図-12に示す。

底生動物の出現種数は、海藻と同様に、築磯造成当初は対照区のほうが大きい値を示したが、2年目以降、築磯区と対照区の差は小さくなり、2007年11月以降は築磯区のほうが対照区を上回るようになった。

多様度指数は、2007年8月に築磯区が対照区を上回る値を示し、その後は概ね築磯区の方が、多様度指数が大きくなる傾向がみられた。

築磯区は、海底地形が複雑化することによる隠れ場所や生息場所の創出を目指していることから、枠取り結果のうち、間隙に多く生息する生物群である十脚目（エビ・カニ類）、腹足綱（主に巻貝類）、ウニ綱の出現個体数に着目した整理を行った（図-13）。

これらの出現個体数を築磯区と対照区で比較す

ると、各分類群とも2007年以降は、築磯区のほうが出現個体数が多くなる時期がみられた。

これは築磯区では、大きさ・形状などが多様な間隙が存在することによって、間隙性動物が次第に増加してきたためと考えられる。

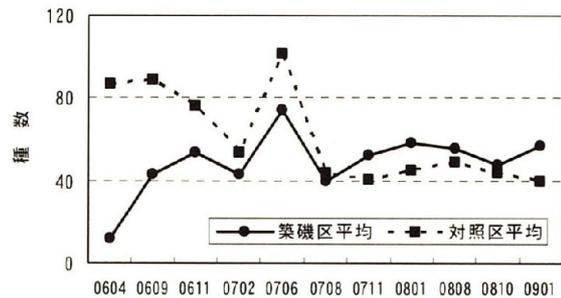


図-11 枠取り調査における底生動物の種数推移

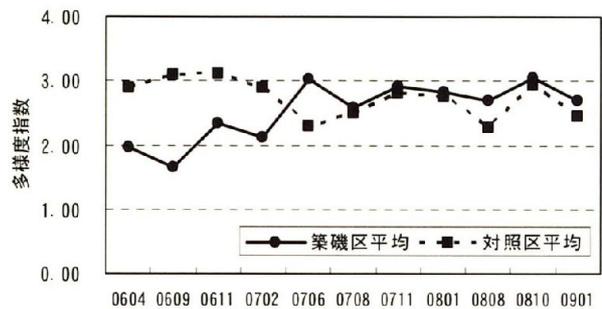


図-12 枠取り調査における底生動物の多様度指数推移（多様度指数H：Shannon-Wienwer 自然対数による計算値）

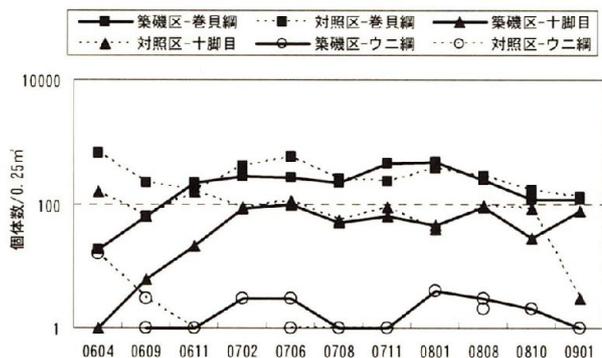


図-13 枠取り調査における間隙性動物の個体数の推移

(4) 魚類

ベルトトランセクト法による魚類の確認種数を図-14に示す。

種数は、造成直後から築磯区の方がほぼ毎回対照区を上回っていた。

また、築磯区A部及びC部に設けた調査ライン上では、写真-6や写真-7に示すように、メバルの稚魚や大型魚が多数集魚している状況が確認されている。表-1に示すように、特に夏季において築

磯区でのメバルの集魚が顕著であり、対照区ではそのような状況は確認できなかった。

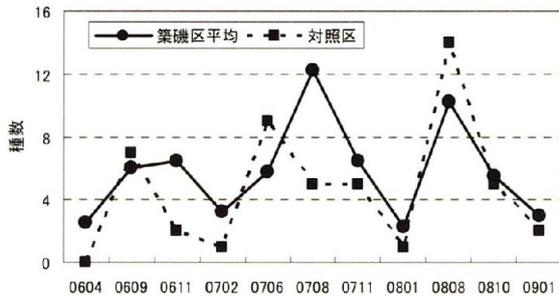


図-14 目視観察によって確認された魚類の種数の推移



写真-6 調査ラインA -メバル稚魚



写真-7 調査ラインC -メバル大型魚

表-1 各調査ライン上で確認したメバルの個体数

調査ライン	0604	0609	0611	0702	0706	0708	0711	0801	0808	0810	0901
築磯区A	0	0	2	1	65	22	10	1	50	22	6
築磯区A-B	0	1	3	3	8	9	3	0	6	6	1
築磯区B	1	0	2	0	52	1	3	0	1	1	1
築磯区C	0	0	2	0	41	3	0	1	7	2	1
対照区	0	0	0	0	5	1	0	0	3	2	1

どの測線も、測線の距離12~30mの観察個体数を集計している。

6. まとめ

緩傾斜護岸は、護岸平面形状が極めて直線的で、流れの変化に乏しい。また護岸法面の被覆石には細かい隙間がないため、小型カニ類等の生息場所・隠れ場所がなく、それらの生息数が少ない。かつ、波浪による転がりにより更新された付着面に生育する微小藻類が少なく、それらを好んで摂取する貝類幼生等に好適な環境となっていない可能性もある。

本研究は、緩傾斜護岸の環境機能向上のために、以上の点の改善を目指し実施したものであり、関西国際空港2期島の波除堤に造成した実験区において、約3年にわたり、モニタリングを行った。

築磯区では、大型海藻のカジメ等が増加し海中林（藻場）が形成されつつある。一方、対照区では、カジメの生育は少なくヤハズグサ等が優占種になっており、築磯区の造成による地形変化が海藻の生育に多様性を与えたことが示唆された。また、捨石の大きさでみると、大礫のA部(200~500kg)の方がカジメの生育が良好で、メバルの個体数も多かった。

石籠区では波浪により石が揺れるなど動いたと考えられ、大型の海藻が繁茂しにくく付着珪藻など微小な藻類が育った。この微小藻類は稚魚の餌として期待できる。

底生動物の種数、多様性指数は、2007年8月頃より、築磯区が対象区を上回り、大型海藻の繁茂や隠れ場所の創出により、多様な動物の生息場所として利用されていることが伺われた。

魚類は、造成後比較的早い時期から対照区より多くの個体が確認された。築磯区ではこの時期には底生動物はまだ貧弱であったことから、地形的な凹凸、隙間の付与によるシェルター効果が大きかったのではないかと考えられる。また実験区浅所は対照区に比べメバルの稚魚が多く集まっており、当初の目的の一つである「浅所の創出により、稚魚の生息場所を作る」という目的が達成されていると考えられる。

7. おわりに

本実験は開始後約3年を経過した時点にある。時季により変動はあるものの、実験区では対照区より生物相は概ね優位となっているが、極相には至っていないと考えられる。このため、今後も実験を継続し、生物相の遷移をモニタリングして、緩傾斜護岸の生物多様性向上技術を検討する予定である。

謝辞: 本研究にあたり、関西国際空港用地造成株式会社ならびに関西国際空港株式会社建設事務所には、調査場所の提供ならびに実験に用いた築磯の造成をして頂いた。また、大阪府環境農林水産総合研究所水産研究部の日下部敬之主任研究員からは、水産学的見地から貴重なご指導を頂いた。さらに、調査を実施して頂いた財団法人港湾空間高度化環境研究センターの検崎仁美研究員からは、多くのご助言を頂くとともに、図表の作成にもご協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 水産庁：漁場環境修復推進調査報告書(総合とりまとめ)、2002。
- 2) 日下部敬之・有山啓之・大美博昭・天野玉雄：日本水産学会誌 71(4)、594-600、2004。