

都市湾奥部の実海域潮間帯における 生物共生護岸の実験

THE EXPERIMENT OF THE SEAWALL PROVIDE MARINE ORGANISMS IN
THE ACTUAL INTERTIDAL ZONE IN THE TOKYO BAY

浜谷信介¹・檜山博昭¹・中瀬浩太²・廣海十朗³・岡村知忠⁴

Shinsuke HAMATANI, Hiroaki HIYAMA, Kota NAKASE, Juro HIROMI
and Tomotada OKAMURA

¹正会員 農修 五洋建設株式会社 環境事業部 (〒112-8576 東京都文京区後楽2-2-8)

²正会員 五洋建設株式会社 環境事業部 (〒112-8576 東京都文京区後楽2-2-8)

³農博 日本大学教授 海洋生物資源科学科 (〒252-8510 神奈川県藤沢市亀井野1866)

⁴正会員 工修 株式会社リサイクルワン (〒150-0031 東京都渋谷区桜丘町14-1 ハッチェリー渋谷)

The structures, along the shore around big cities, are asked for the function of disaster prevention, utility, and the environmental consideration. As an environmental element, the tidepool is added to seawalls in the intertidal zone. In order to check and proof the function of a tidepool, we built an experimental structure at Ichikawa city, in Tokyo Bay.

In the tidepool, it is checked that many benthos and fry of a fish had appeared. The tidepool keeps water, enables more species to live, and increases diversity, compared with the case of setting free water type structure.

We carry on various kinds of experiments in this structure. For example, marine sessile organisms recruitment to the quality of the materials, degradation of material, etc.

Key Words : seawall, shore reef, intertidal zone, habitat, tidepool, biodiversity

1. はじめに

大都市周辺の湾奥部では、埋立や護岸・岸壁整備によって、干潟や岩礁域等の自然海岸が失われ、生物生息、生物資源生産、水域環境浄化等の機能が大きく減退している。近年、海岸法、港湾法が改正され、これまでの利便性・防災機能と並び、環境にも対応する機能が求められており、護岸等の改修（物流効率化・耐震強化）を行う場合、環境への配慮や生物との共生が要求されるようになってきている。

檜山ら(2001)¹⁾は、天然岩礁を対象に、地盤高、微地形、生物生息のモニタリングを行い、微地形の存在が生物生息域の拡大に寄与することを示した。また岡村ら(2003)²⁾、および田中ら(2004)³⁾は、東京湾奥部の直立護岸前面に、微地形の要素を取り込んだ構造物を配置して生物生息状況のモニタリングを行い、人工構造物であっても生物が生息できるように微地形を取り入れることで、多様な生物の生息場の創出が可能となることを示した。

大都市周辺の湾奥部において、実際に護岸等に生物生息機能を持たせる際には、その場の立地条件や、護岸に求められる機能により、適用可能な構造のバリエーションは多いものと考えられる。そこで、多様な生物が生息できる構造や、生物による色々な機能について把握することを目的として、実海域潮間帯に生物共生護岸実験施設を設置し、生物の加入状況や形成される生物相についてモニタリングを行っている。本報告では、実験施設および実施している実験の概要について紹介する。

2. 実験施設

(1) 実験施設位置

千葉県市川市地先にある五洋建設株式会社社有地護岸前面において、15m×20mの実海域占有許可を受け、2004年4月に生物共生護岸実験施設を設置した。設置場所を図-1に示す。設置場所は塩分濃度20~25程度の汽水域で、HWL=AP+2.1m, MWL=AP+1.2m, LWL=AP+0.1mである。

また、自然の波浪の影響は受けにくい、航路に面しているため、航跡波が作用する可能性がある。この実験施設は、陸上より通路でつなげてあり、常時観察が可能である。

(2) 実験施設構造

実験施設は、AP+1.3m, +1.0m, +0.7m, +0.4m, +0.1mの天端高を有する階段状の鋼製構造物とした。この上に幅500~1000×長さ1200×深さ300mmの鋼製箱を設置して実験区とし（底面の高さによりそれぞれ、St.A0, St.A, St.B, St.C, St.Dとする）、実験区の中に微地形の要素を整備して生物生息状況の調査を行った。平面図と断面図を図-2、図-3に、実験施設の状況を図-4に、高さによる実験区の断面模式図を図-5に示す。

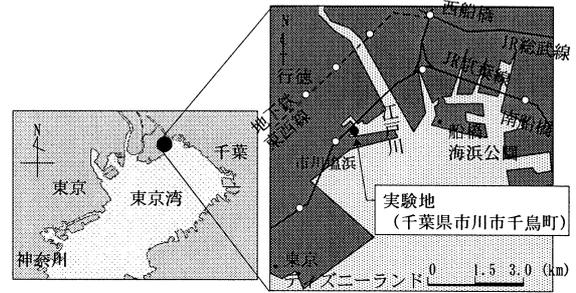


図-1 実験施設設置場所

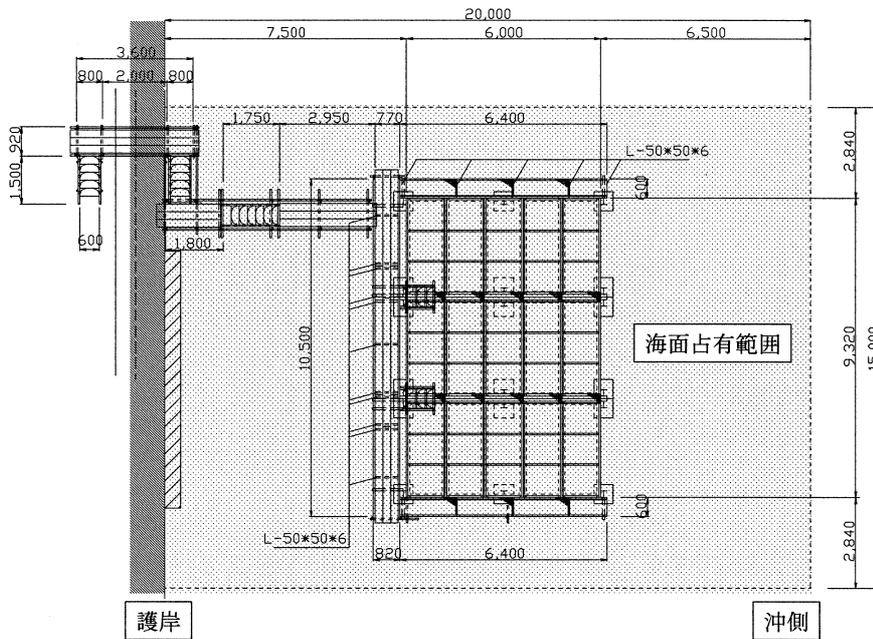


図-2 実験施設平面図

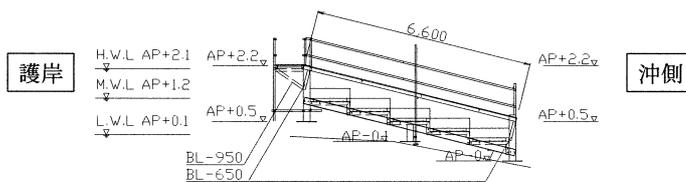
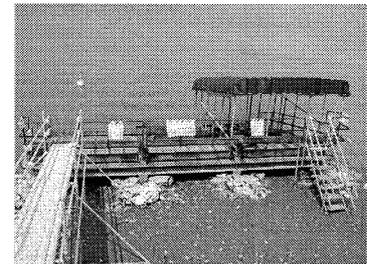


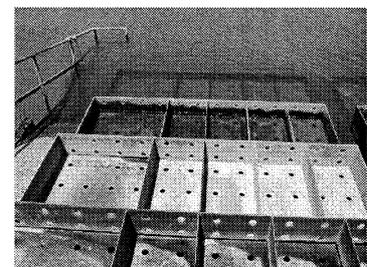
図-3 実験施設断面図



全景



近景



実験区（鋼製箱）

図-4 実験施設状況

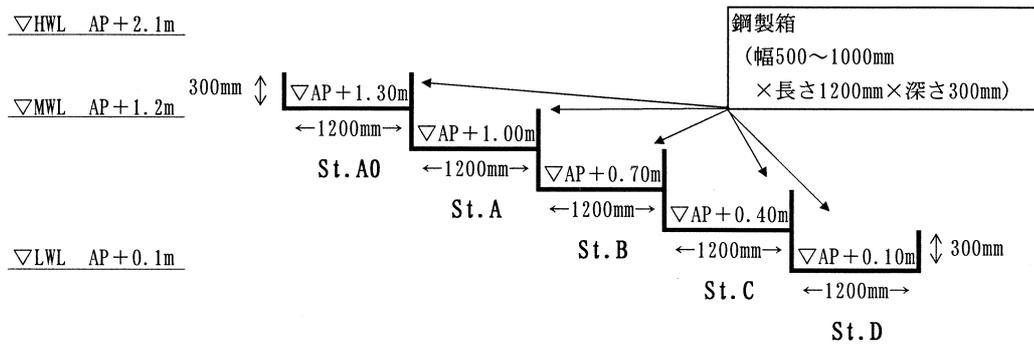


図-5 実験区 断面模式図

3. 各種実験概要

(1) タイドプール実験

自然の海岸線には、干潮時に海から切り離されて海水のプールとなるタイドプール（潮だまり）が存在する。タイドプールは干潮時に海水が抜けにくい構造であり、潮下帯と似た環境であることから、周囲の潮間帯と異なる生物が見られることが知られている⁹⁾。生物共生護岸においても、タイドプールの有無により成立する生物相が異なることが考えられたため、St. A, B, C, Dの実験区に、干潮時に海水が抜けにくい構造のもの（タイドプール区）と、底に孔を開けて干潮時に海水が抜けるようにした干出構造のもの（干出区）を設け、生物生息状況を調査して比較した。タイドプール実験の実験区と実験状況を表-1、図-6示す。

調査は、2004年9月1日、11月25日、2005年2月28日に、実験区に配置した碎石上の30×30cmの定形枠内に出現した固着性生物の種数および被度について行った。

2004年9月のタイドプール区と干出区に出現した固着性生物の上位3種の被度を表-2に示す。干出区では、耐乾性が強いと考えられるマガキやフジツボ類が多く生息していた。タイドプール区ではこれに加え、耐乾性が低いと考えられるカンザシゴカイ科や、シロボヤの生息が見られ、タイドプールが乾燥に弱い生物の生息に有効であることが確認できた。特に、St. A, St. Bでシロボヤの生息が見られたことから、地盤高の高い箇所においてタイドプールによる効果が比較的大きかったと考えられる。

固着性生物の種組成について、生物の多様性指数を指標として定量的評価を試みた。多様性指数は、Shannon-Weaverの方法⁵⁾ (1) により算出した。ここでは、固着性生物の生物量を示すものとして被度を用い、多様性指数を算出した。

$$H' = -\sum (n_i/N) \log_2 (n_i/N) \quad (1)$$

ここに、

H' ：多様性指数， n_i ：種別被度， N ：総被度

表-1 タイドプール実験 実験区

実験区	説明	目的
タイドプール区	潮汐による潮位変動がない	常時湿潤環境での生物生息状況の確認
干出区	潮汐による潮位変動がある	上記項目の比較対照

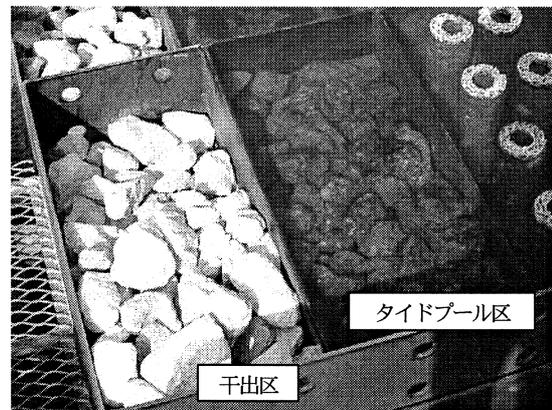


図-6 タイドプール実験状況

表-2 タイドプール実験の固着性生物上位3種の被度 (2004年9月1日)

タイドプール区

St.	高さ ^{※)} [AP m]	種名	被度 [%]	種名	被度 [%]	種名	被度 [%]
A	+1.0	カンザシゴカイ科	15.0	シロボヤ	5.3	イギンチャク目	5.0
B	+0.7	カンザシゴカイ科	12.5	シロボヤ	5.0	-	-
C	+0.4	カンザシゴカイ科	45.0	マガキ	22.5	ヨロヅバフジツボ	1.8
D	+0.1	カンザシゴカイ科	32.5	マガキ	11.3	ヨロヅバフジツボ	1.3

※)実験区底面の高さを表記

干出区

St.	高さ ^{※)} [AP m]	種名	被度 [%]	種名	被度 [%]	種名	被度 [%]
A	+1.0	クテジマフジツボ	35.0	マガキ	10.0	イギンチャク目	0.3
B	+0.7	クテジマフジツボ	6.3	マガキ	2.0	-	-
C	+0.4	マガキ	46.3	クテジマフジツボ	3.8	ヨロヅバフジツボ	1.3
D	+0.1	マガキ	85.0	クテジマフジツボ	2.5	-	-

※)実験区底面の高さを表記

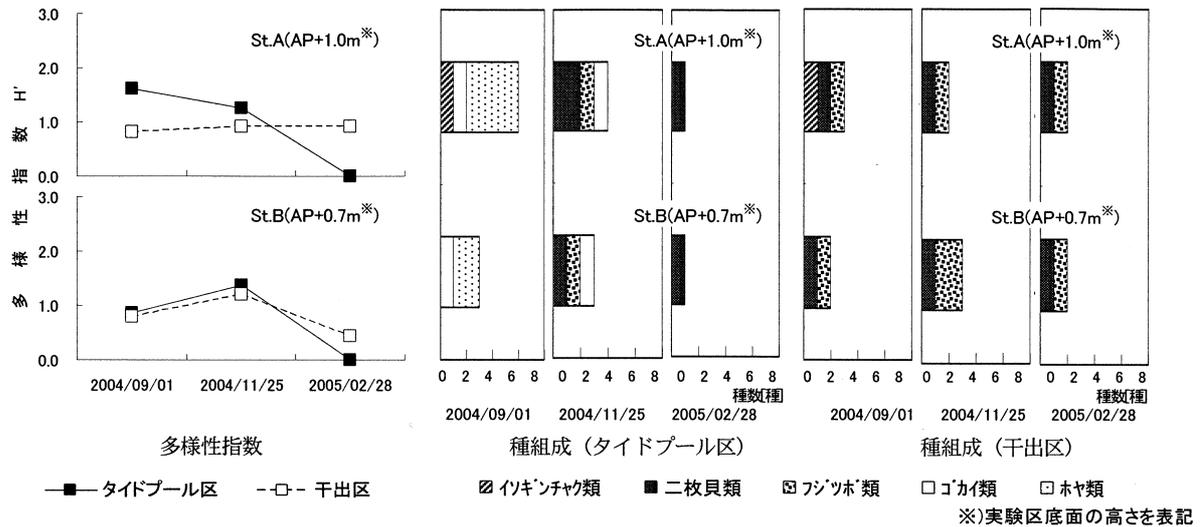


図-7 タイドプール実験における多様性指数と種組成の経時変化

タイドプールによる効果が比較的大きかったと思われるSt. A, St. Bについて、実験区に出現した固着性生物の多様性指数と種組成の経時変化を図-7に示す。タイドプール区が多様性指数は2004年9月には干出区よりも高かったが、その後減少し、2005年2月には干出区よりも低くなった。これは、干出区では夏季に優占していたマガキとフジツボ類が冬季にも生残していたため多様性指数の低下が小さかったが、タイドプール区では夏季に見られたホヤ類やゴカイ類が冬季に衰退してマガキが残ったために多様性指数が低下したものと考えられる。

表-3 基質材料実験区

実験区	基質材料	目的
多孔質素材区	円柱形多孔質素材を垂直に立てて固定	人工素材での生物生息の確認
碎石区	碎石の乱積み	岩礁を再現した環境での生物生息の確認
対照区	基質材料無し	上記項目の比較対照

(2) 基質材料実験

生物共生護岸に用いる基質材料の違いにより成立する生物相が異なることが考えられたため、基質材料による生物生息状況の違いを確認することを目的とし、タイドプール区に、碎石と多孔質素材を配置した実験区（碎石区、多孔質素材区）と、何も配置しない実験区（対照区）を設定して、材料別の生物着生状況の調査を行った。

基質材料実験の実験区を表-3、図-8に示す。多孔質素材区は、紫外線に耐性のある人工の軽量素材（直径約2mmの繊維状ポリプロピレン材料を空隙10～25mmで編み込んだもの）を、直径125mm、高さ250mmの筒状に成型し、垂直に立てて固定した。碎石区は、護岸での岩礁環境の創造を想定したものであり、直径50～140mmの碎石を厚さ約200mmで乱積みした。基質材料への生物生息状況を図-9に示す。調査は、2004年9月1日、11月25日、2005年2月28日に、基質材料上の30×30cmの定形枠内に出現した固着性生物の種数および被度について行った。

2004年9月に実施した調査で見られた固着性生物の被度を図-10に示す。多孔質素材区では、ホヤ類や、足糸で固着するホトトギスガイやムラサキガイ等の二枚貝類が多く確認された。碎石区では、ゴカイ類や、着生面に面して固着するフジツボ類や、マガキ等の二枚貝類が多く確認された。

基質材料ごとの固着性生物の多様性指数 (H') の季節

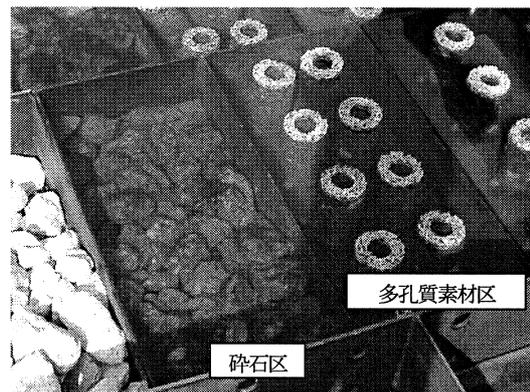


図-8 基質材料実験

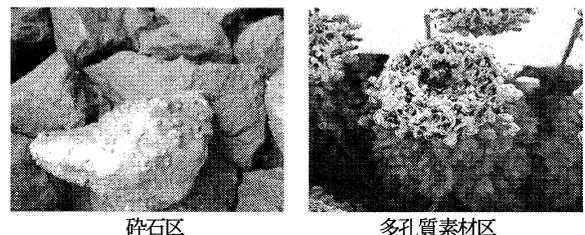


図-9 基質材料への生物付着状況 (2004年7月5日)

変化を図-11に示す。多様性指数は、多孔質素材区>碎石区>対照区の順番であった。多孔質素材区は、ムラサキガイ、ホトトギスガイ等の二枚貝類や、ホヤ類が数種混在しており、多様性指数が高くなったと考えられる。

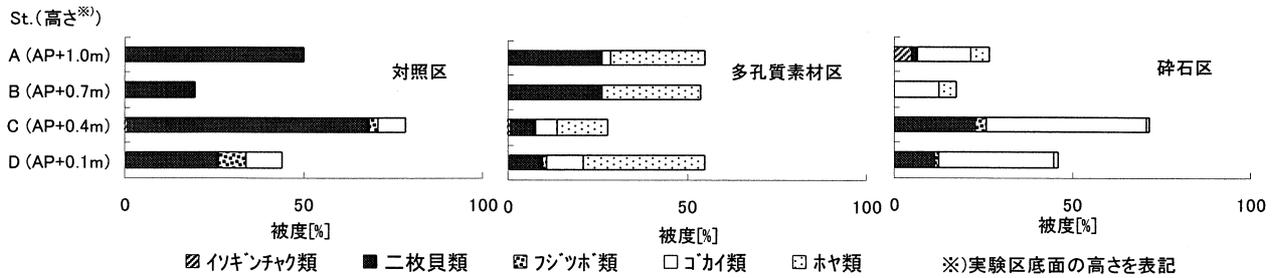


図-10 基質材料実験における固着性生物の被度 (2004年9月1日)

碎石区は、カンザシゴカイ科、マガキ、フジツボ類のうち1~2種のみが優占する 경우가多く、多様性指数が低く確認された。

1年目の調査結果から、実験区に出現する生物の上位4種としてカタユレイボヤ、シロボヤ、ムラサキイガイ、マガキ、を選定し、2005年6月から11月まで計6回、St. A, St. B, St. C, St. Dの個体数の計数を行った。St. Cにおける調査結果を図-12に示す。

多孔質素材区では、6月と7月にカタユレイボヤ、8月にシロボヤ、9月、10月、11月にムラサキイガイが多く見られた。これは、基質材料が多孔質でありホヤ類や足糸で固着する二枚貝類が生息したが、固着力が弱いため優占種の入替わりが見られたものと考えられる。また碎石区と対照区では、マガキが安定的に優占していた。これは、碎石区の基質材料(碎石)と対照区の基質材料(底板)は面状であるため、面で強く固着するマガキが、調査期間を通して優占していたものと考えられる。

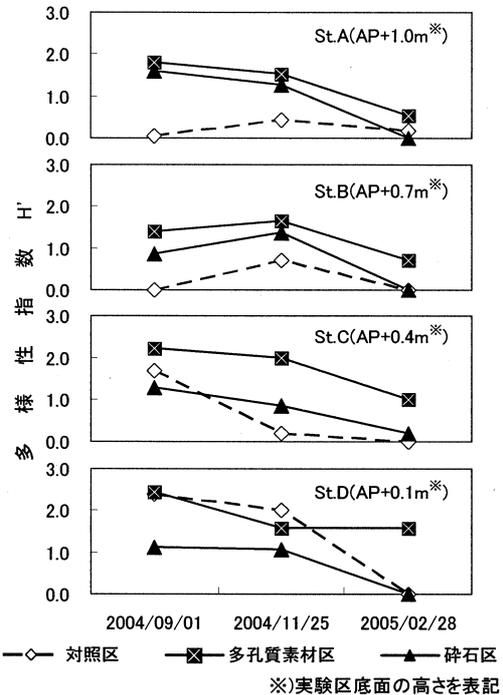


図-11 基質材料実験における多様性指数の季節変化

(3) 遮光実験

栈橋等の下部で光が遮られる箇所においても生物との共生が求められる場合を想定し、遮光条件下をシミュレートするために遮光率90%の遮光シートを実験区から1.5~2.0mの高さに設置し、日照を遮断する実験区を設け、タイドプール実験、着生基質実験を行った。

遮光実験での固着性生物の被度を図-13に示す。本実験において全天条件下と遮光条件下で固着性生物の被度に明確な違いは見られなかった。

(4) 移動性生物目視観察

本実験施設において移動性生物の目視観察を行い、タイドプール区において、サヨリの稚魚やナベカ、ヌマチチブ、マハゼ等の魚類が確認できた。確認した魚類の例を図-14に示す。

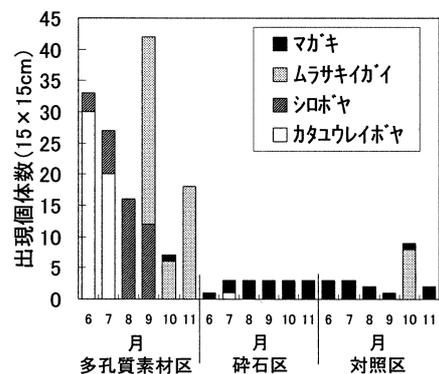


図-12 基質材料による個体数の違い (St. C: 底面の高さAP+0.4m)

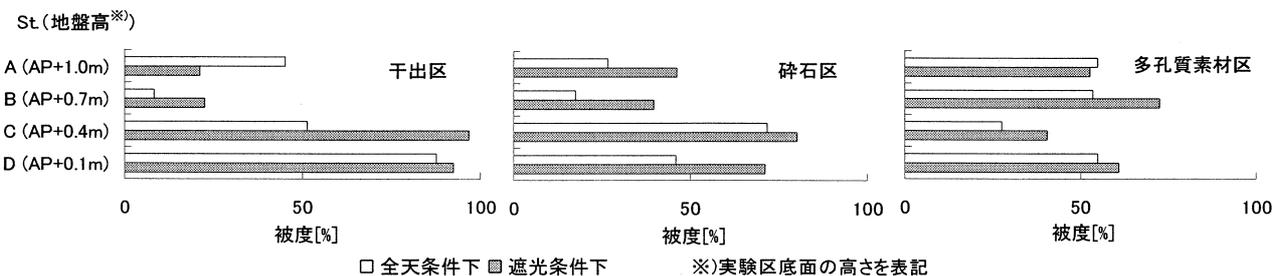
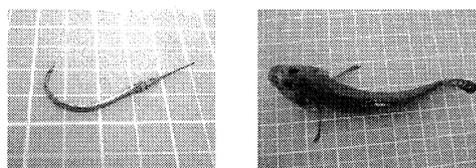


図-13 遮光条件下における固着性生物の被度 (2004年9月1日)



サヨリ稚魚 マハゼ稚魚
 図-14 タイドプールで見られた魚類

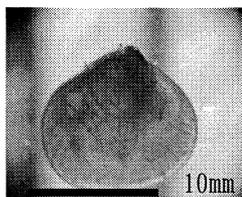


図-15 実験珪砂に着生したアサリ稚貝

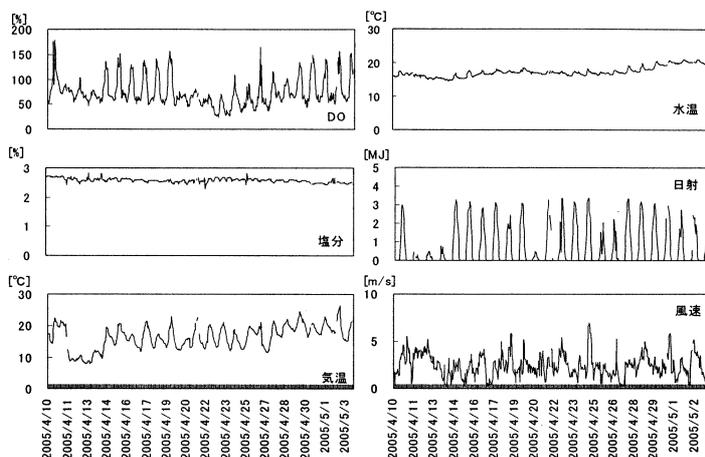


図-16 連続観測結果 (一例)

(5) その他の実験

a) アサリの底質粒径選択性実験

単一粒径を有する6通りの珪砂 (粒径0.106mm～4.750mm) をコンテナボックスに入れてSt. C, St. Dの実験区に配置し, アサリの着底, 生息状況をモニタリングすることにより, アサリの生長段階ごとの粒径の選択性の把握を行った⁶⁾. 実験で確認したアサリ稚貝を図-15に示す.

b) 環境連続観測

ハイテクリサーチ(株)と共同で, 環境の連続観測装置を設置し, 1時間ごとの観測データをインターネット上で確認できるシステムの実用試験を行っている. 本実験施設に設置している観測装置は太陽電池によって電力を供給しており, 観測項目は, DO[%], 塩分[%], 気温[°C], 水温[°C], 風速[m/s], 風向[°], 最大風速[m/s], 最大風速の風向[°], 日射[MJ], である. 観測結果の一例を図-16に示す.

c) ヨシの植栽実験

西武造園(株)と共同でヨシの植栽実験を始めており, 生物共生護岸での植生整備による, 海域から海岸植生への連続的な生物生息の場の創造を試みている.

d) 各種材料への生物付着実験

各種の材料で製作したブロックを本実験施設へ配置し, 生物生息に対する効果の検証を行っている.

e) 汚損生物の付着防止ブロック実験

付着生物の防汚のため, 本実験施設において, 周辺環境に影響を及ぼさずことなく生物付着を防止するブロックを配置し, 効果の検証を行っている.

f) 材料耐久性実験

本実験施設は常時観測が容易であることを利用し, 新規開発材料を実験区内へ配置して, 経時的に目視観測および強度試験を行うことにより, 材料を実海域潮間帯に使用する際の耐久性の確認を行っている.

4. おわりに

本実験施設で行った実験において, 乾燥に弱いと考えられる固着性生物の生息に対するタイドプールの有効性, 基質材料の違いによる出現状況の差異, 全天条件下と遮光条件下での生物生息状況を確認することができた. 本実験施設は, 一部の実験区で, より静穏な水域を再現するため, 波浪制御板 (高さ30cm) の設置や, 海岸植生の植栽実験を可能とするため, 高い地盤高の実験区 (底面の高さAP+1.7m) を設ける等, 改良を施しながら実験を行っている. 今後も引き続き, 生物共生護岸の各種実験を行っていく予定である.

謝辞: 本実験施設にてご協力いただいている五洋建設(株)東京支店千葉工事事務所総括所長丸田勝郎氏, 五洋建設(株)東京支店土木技術部部長国金博和氏, ハイテクリサーチ(株)社長小林浩氏, 西武造園(株)主任田中洋一郎氏, 日本大学海洋生物資源科学科学学生諸氏に謝意を表す.

参考文献

- 1) 檜山博昭, 大塚哲哉, 中瀬浩太: 磯場の微地形の定量的評価の試み, 海洋開発論文集, 第17巻, pp.165-168, 2001.
- 2) 岡村知忠, 田中ゆう子, 岩本裕之, 鈴木秀男, 中瀬浩太: 湾奥における生物と共生する護岸の開発, 海洋開発論文集, 第19巻, pp.291-296, 2003.
- 3) 田中ゆう子, 岡村知忠, 岩本裕之, 鈴木秀男: 東京湾の護岸部における小規模な生物生息場の創出に関する研究, 海岸工学論文集, 第51巻, pp.1206-1210, 2004.
- 4) 時岡隆, 原田英司, 西村三郎: 海の生態学, 築地書館, 1972.
- 5) 木元新作: 生態学研究法講座14, 動物群集研究法 - 多様性と種類組成 -, 共立出版, 1976.
- 6) 竹山佳奈, 上田正樹, 岩本裕之: アサリ幼生の着底時における底質粒径選択性について, 平成17年度日本水産工学会学術講演会講演論文集, pp. 83-86, 2005.