

# 大村湾の浄化・生態系回復に関する研究(2004年度)

赤澤貴光・川井仁・浜辺聖・石崎修造・白井玄爾

## Research on the Purification and the Ecosystem Restoration of the Omura-Bay

Takamitsu AKAZAWA, Hitoshi KAWAI, Masashi HAMABE, Syuzo ISHIZAKI, and Genji SHIRAI

Key Words : Omura-bay, Purification, Ecosystem Restoration

キーワード: 大村湾, 浄化, 生態系回復

### はじめに

生態系がもつ自己再生能力を引き出すことで、大村湾の水質及び底質の浄化や生態系の回復を目指す研究が、大村湾水質浄化対策事業の一つとして、2001年度(平成13年度)から5ヶ年計画で開始され、平成13年度に全湾調査<sup>1)</sup>、平成14~15年度に津水湾を重点的に調査<sup>2),3)</sup>したところである。

平成16年度は、平成15年度事業のなかで選定した津水湾で実施可能と考えられる環境修復技法のうち、①現存干潟・海浜における浄化能等 ②磯場・護岸による効果 ③浮棚藻場による効果の検証の3つについて実証実験を行った。

### 調査の概要

#### 1. 現存干潟・海浜における浄化能等の検証

##### (1) 生残調査

図1のようなプラスチック製かご(50cm×36cm×18cm)にアサリを入れ、津水湾内外3地点の干潟及び海浜に埋設し、アサリの生残状況を調査した。

一干潟(海浜)には3基ずつかごを設置し、一基につきそれぞれ30、50、70個と生育密度を変えて放流した。なお、全ての網かごには、鳥類による被害を防ぐためのふたを取り付けて設置した。

生残調査はほぼ月に1回干潮時に実施した。また、アサリの生育環境には底質等の影響も考えられることから、年に4回(実験開始時、7月、10月(又は11月)及び1月)各かご内の底質の理化学調査を行うとともに、対照区としてかご近傍の底質調査(理化学調査及び生物調査)も行った。

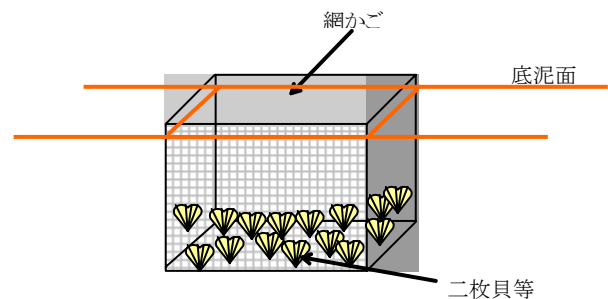


図1 アサリ生残試験模式図

#### a) 実験地点

図2に示す津水湾内2地点(木床船津、名切川河口)及び津水湾外1地点(伊木力漁港)。

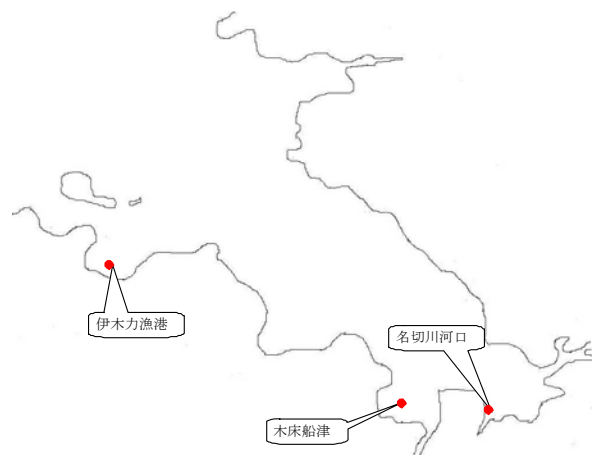


図2 実験地点

#### b) 実験開始日

3地点とも、平成16年5月6日夕刻に実験を開始した。なお、実験には同日小長井漁協で採捕されたアサリを購入し、使用した。

c) 調査項目

生残調査、底質調査の調査項目は以下のとおりである。なお、名切川河口の30個投入区及び50個投入区については、アサリが夏期に全滅したため、9月以降は欠測とした。

生残調査：投入アサリの殻長及び総湿重量。

底質調査：強熱減量、COD、TOC、硫化物、クロロフィルa、T-N、T-P、粒度組成、底生生物(粒度組成と底生生物は対照区のみ)。なお、TOCの分析については、民間業者に委託した。

(2) 干潟及び海浜における二枚貝等による浄化能に関する評価

図3に示すメソコスム実験を行うことにより、干潟、海浜の浄化能について検証を行った。

実験は、干潟を底板のないプラスチック筒で覆い、現場海水を導入後、30分ごとに筒内の水を採取した。実験は3区画行い、干潟上にアサリを50g(湿重量)投入した区画(A)、干潟上にアサリを投入しない区画(B)、底面をビニールで覆った対照区画(C)とした。

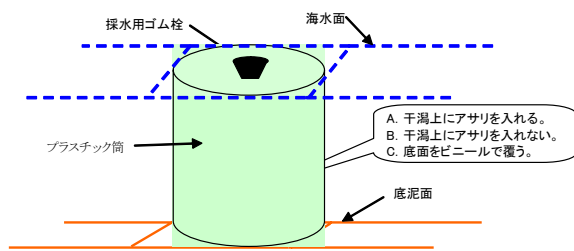


図3 浄化能メソコスム実験

a) 実験地点

木床船津

b) 実験日時

第1回：平成16年9月28日 13:47~15:47

c) 調査項目

水質：DO、TOC、懸濁態TOC、懸濁態窒素(=PON)、NH<sub>4</sub>-N、PO<sub>4</sub>-P、クロロフィルa

底質：強熱減量、COD、硫化物、クロロフィルa、底生生物

水質については、調査開始時及び30分ごとに採水、底質については実験終了時のみ採取し、分析を行った。また、PONについては、T-Nと溶解態窒素(GF/B濾紙で濾過したもの)の差とした。なお、実験時の水温は、1回目が29.0℃、2回目が9.4℃であった。

2. 磯場・護岸による効果の検証

磯場や護岸の有する水質等の浄化能を検証するため、図4に示す津水湾内4地点の護岸の付着生物等の調査を実施した。

a) 調査地点

木床、喜々津、溝陸、溝陸北

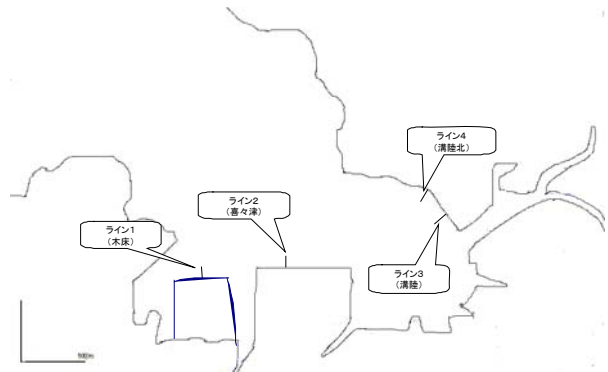


図4 護岸(磯場)調査地点図

b) 調査日

第1回：平成16年6月28日

第2回：平成16年9月14日

第3回：平成16年12月22日

第4回：平成17年3月7日(木床のみ平成17年3月22日)

c) 調査項目

水質：水温、pH、DO、COD、懸濁態COD、TOC、懸濁態TOC、T-N、懸濁態窒素、T-P、懸濁態リン、クロロフィルa

草体：磯場周辺の海藻類の着生状況

生物：底生生物、護岸(磯場)付着動物類の棲息状況

水質については、各護岸(磯場)の沖方向0m地点と50m地点を採水した。草体については、各護岸(磯場)の中央部から沖側50mのライン調査を、ダイバーによる目視確認により実施した。付着生物は、各護岸(磯場)3地点において採取りを行い、これを合わせて1検体とした。底生生物については、ダイバーによるライン調査(メガベントス)の他、生物の地域性を考慮し、沖方向0m及び50m地点においてエックマンバージ採泥器による採取もおこない、これをマクロベントスとした。

3. 浮棚藻場による効果の検証

実験にあたっては、生育が早い褐藻アカモクを対象種として選定した。海藻の着生基質としては、サ

カイオーベックス株式会社(旧社名:水産増殖施設株式会社)により製造された海藻プレートを用いた。また、アカモクは同社により採苗、中間育成されたものを使用した。

a) 実験地点

喜々津シーサイド沖(図5)

b) 実験開始日

第1回沖出し:平成16年7月7日

第2回沖出し:平成16年10月26日

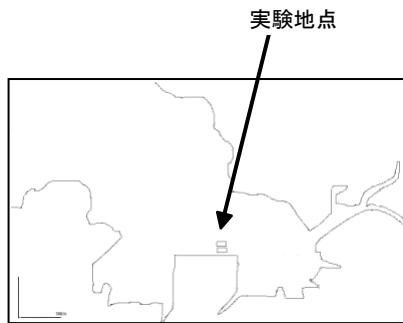


図5 実験地点

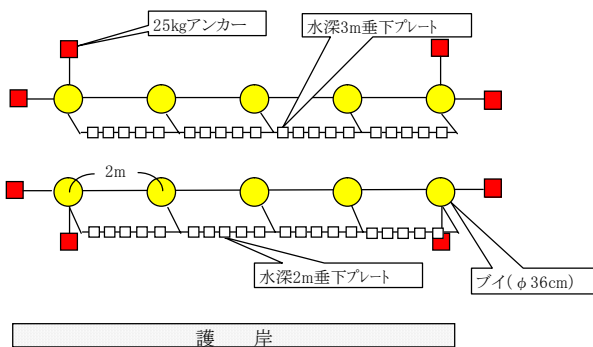


図6 実験模式図

c) 実験方法

第1回沖出しでは、海藻プレートが1.5m、2m、2.5m及び3mに垂下するように設置し、第2回沖出しでは、海藻プレートが2m及び3mに垂下するように設置した。第2回沖出し分の見取図を図6に示す。

調査結果

1. 現存干潟・海浜における浄化能等の検証

(1) 生残調査

アサリの生残個数及び生残率と総湿重量の変動を図7に示す。

木床船津では、6月から7月にかけて70個投入区でアサリが激減した。しかし、9月以降はどの区画においても斃死するアサリは少なかった。このことは、夏～秋期の高水温期を乗り越えることができたアサリは、年間を通じて生活できることを示している。一方、3つの区画間で7月調査時の底質の理化学的な相違はあまりみられないことから、70個投入区で夏期にアサリが大量死した原因としては高水温やアサリの密集による餌不足が考えられる。

伊木力漁港では、7月から9月にかけて50個投入区でアサリが激減した。他の2区画でも漸次減少しているが、その減少率は木床船津ほど大きくなく、木床船津よりは生育環境が良好であったと考えられる。また、木床船津同様、9月以降はどの区画においても斃死するアサリは少なかった。50個投入区で夏期に激減した原因としては、この区画のクロロフィルa濃度が定量下限値未満( $<0.5 \mu\text{g/g}\cdot\text{dry}$ )であつ

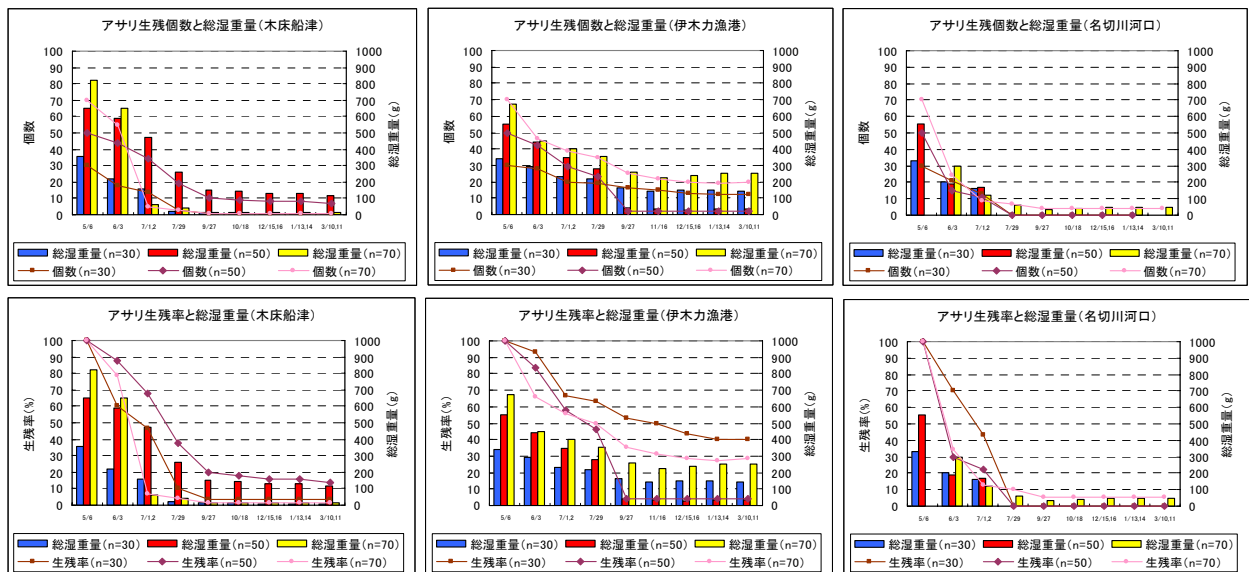


図7 アサリの生残個数及び生残率と総湿重量の変動

たことから、プランクトン等の餌不足が考えられる。また、木床船津同様10月以降は斃死個体数が少なく、水温がアサリの斃死に影響していることが示唆された。名切川河口では、すべての区画において夏期に激減し、30個投入区と50個投入区では7月末までに全滅した。70個投入区のうち、夏期を乗り越えたアサリは翌年の3月まですべて生残した。夏期に激減した理由としては、干潟域に大量に打ち上げられたアオサの腐敗・分解により酸素濃度が減少したこと、さらに底質の硫化物濃度を高めたことが考えられる(図8)。

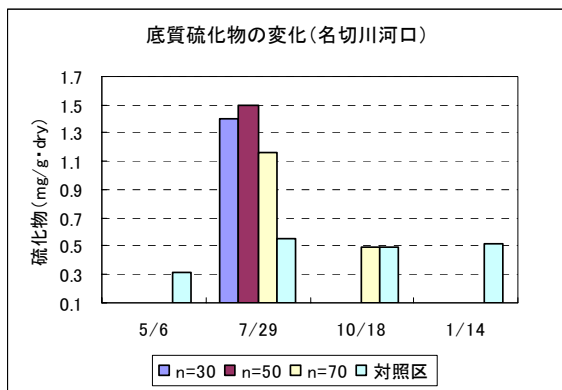


図8 底質硫化物濃度の変化(名切川河口)

(2) 各干潟・海浜の底生生物の季節変化  
各干潟(海浜)の対照区における底生生物の種数等の季節変化を図9に示す。

木床船津での底生生物は、秋期(10月)に貧弱化する傾向がみられ、環形動物以外の生物は全く出現しなかった。これは、木床船津では秋期に硫化物濃度が0.92mg/g-dryと非常に高く、軟体動物や甲殻類の生物に影響を与えたためと考えられ、夏期～秋期が最も生物生息に厳しいものとみられる。また、冬期には全個体数の9割以上をホトギスガイが占めているが、ホトギスガイによるマット形成がアサリの生存に影響することも報告されている<sup>4)</sup>ことから、ホトギスガイの優占化を防止する対策が必要と考えられる。

名切川河口では、夏期(7月)に底生生物が激減し、平成16年度の秋期(10月)においては軟体動物以外の生物は全く出現しないという現象がみられた。夏期にはアオサの蓄積・腐敗等によるものとみられるシルト・粘土分の増加(31.1%)がみられており、このことが底生生物に影響を及ぼしたものとみられる。冬期(1月)には再び生物多様化の傾向がみられており、名切川河口においても夏期～秋期が最も生物生息に厳しい底質環境といえる。

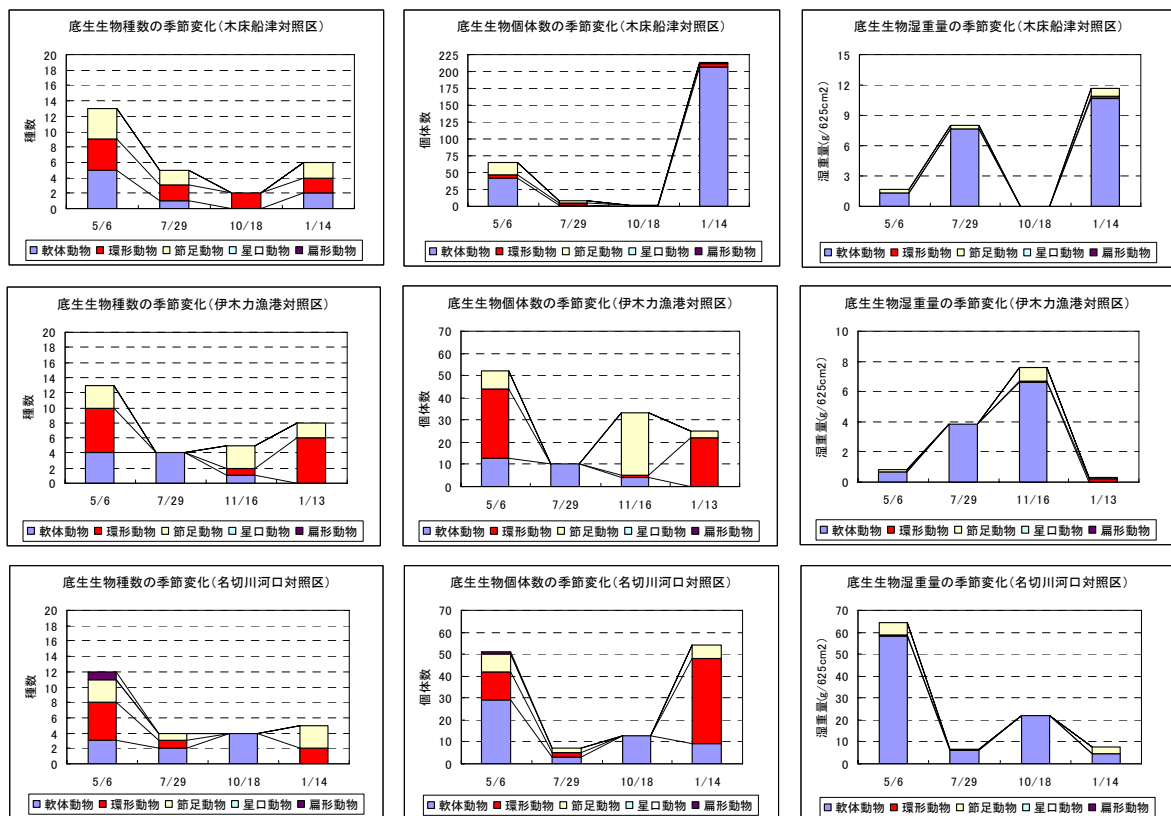


図9 底生生物の季節変化

一方、津水湾外の伊木力漁港の底生生物は、夏期(7月、8月)に貧弱化し、軟体動物のみで占められる現象がみられた。秋期(10月)には再び甲殻類等が出現し、個体数も増加していることから、伊木力漁港では、夏期が最も生物生息環境に厳しいといえる。

(3) 干潟及び海浜における二枚貝等による浄化能に関する評価

メソコスム実験において、実験区画Aは、底生生物の大部分は投入したアサリによるものであり、アサリによる浄化能とみなすことができ、実験区画Bは、現存干潟の浄化能とみなすことができる。また、底面にビニールを付けた対照区画Cは自然沈降によるものとみなすことができる。

各区画内の浄化速度(懸濁物質濾過速度)は、文献<sup>5)</sup>より次の(1)式で得られる。

$$F = -(a - a_B) \cdot V / W \quad (1)$$

ここで、Fは単位重量あたりの濾過速度、Vは実験水量、Wは実験区における底生生物の重量、aは実験区画におけるクロロフィルa又はPONの濃度(C)と実験時間(t)の近似式( $C = b \cdot e^{at}$ )係数、

$a_B$ は対照区画におけるクロロフィルa又はPONの濃度(C)と実験時間(t)の近似式( $C = b \cdot e^{a_B t}$ )係数である。

また、排泄速度は、次の(2)式で得られる。

$$F = -(x - x_B) \cdot V / W \quad (2)$$

ここで、xは実験区画におけるNH<sub>4</sub>-N濃度(C)と実験時間(t)の近似式( $C = a \cdot t + b$ )の係数、 $x_B$ は対照区画におけるNH<sub>4</sub>-N濃度(C)と実験時間(t)の近似式( $C = a \cdot t + b$ )の係数である。

各実験区画で得られた物質濃度と時間の関係を図10に示す。なお、浄化速度の算出にあたっては、クロロフィルaの近似式係数を使用した。

実験結果から、9月の高水温期では、アサリが存在する干潟の濾水速度は0.369l/g殻付湿重/hr、排泄速度は2.885 μg-NH<sub>4</sub>-N/g殻付湿重/hrとなった。底生生物の湿重量50.224gのうち、99%以上をアサリが占めているため、この濾水速度及び排泄速度は、アサリによるものとみなすことができる。現存干潟では、底生生物が貧弱であるため(1.701g-wet)、濾過速度は負の値を示しており、アサリを放流することにより、干潟が活性化されることが示唆された。

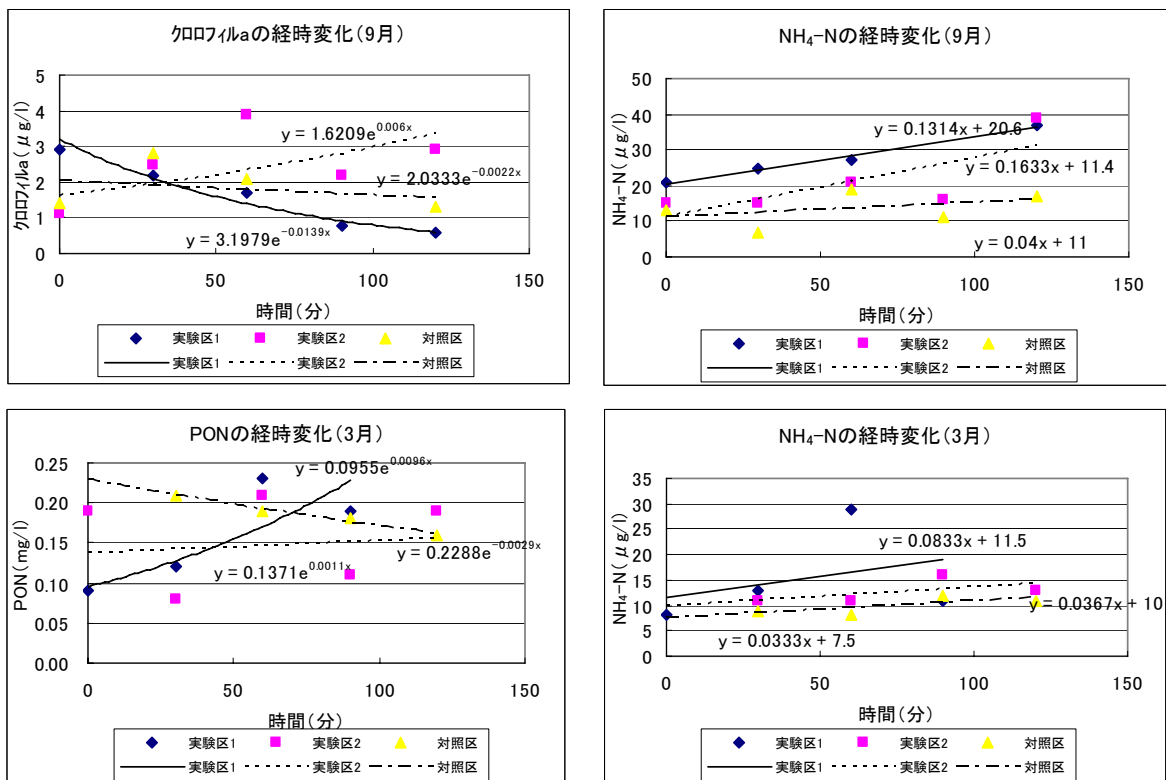


図10 干潟メソコスム実験結果

2. 磯場・護岸による効果の検証

(1) 水質

水質は、0m地点と50m地点間で護岸別に特異的な物質濃度差は得られなかった。

(2) 海藻

海藻着生種数の季節変化を図11に示す。

海藻類は3月を除いて垂直護岸(溝陸北)よりも他の護岸の方の海藻種数が多かった。また、いずれの地点においても軟泥上よりも護岸近くの礫上の方が多く着生していた。このことから、護岸近くに投石等を行うことが海藻着生に有効であることが示唆された。

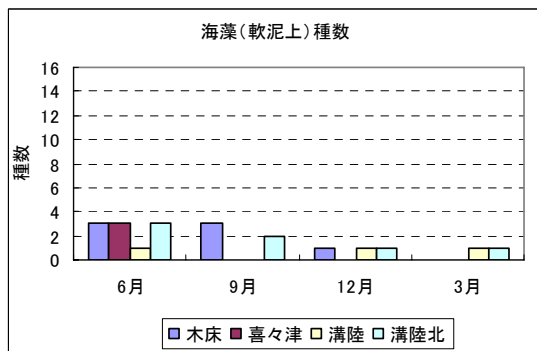
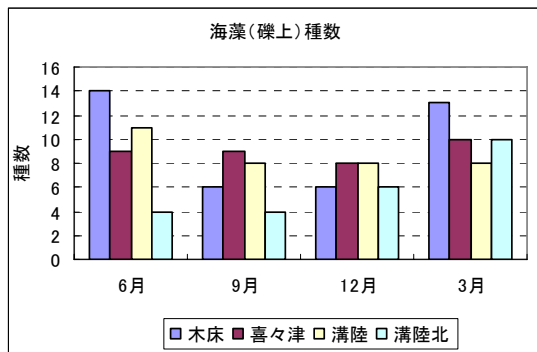


図11 海藻着生種数の季節変化

(3) 付着生物

護岸付着生物種数及び湿重量の季節変化を図12に示す。

護岸生物の種数は、垂直護岸(溝陸北)を除いて、海藻着生種数と反比例する傾向がみられた。浦賀湾においても同様な傾向が報告されており<sup>6)</sup>、基質に対する優占度によるものと考えられる。

(4) 魚類

魚類種数の季節変化を図13に示す。

魚類種数は、海藻着生種数の季節変化とよく似た傾向を示しており、多種にわたる海藻が着生することが沿岸域の魚類の多様性をもたらすものと考えられる。

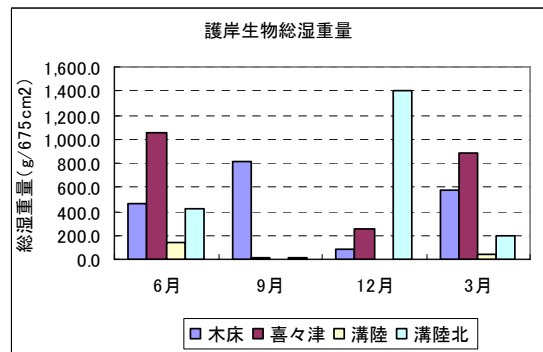
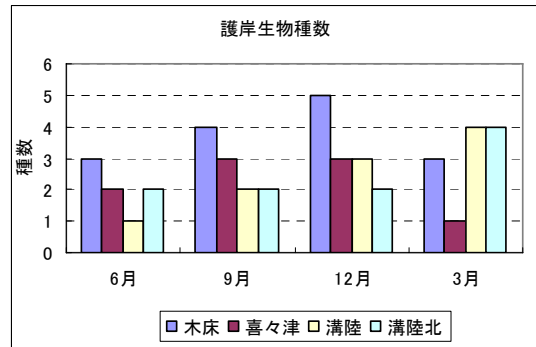


図12 護岸付着生物の種数及び湿重量

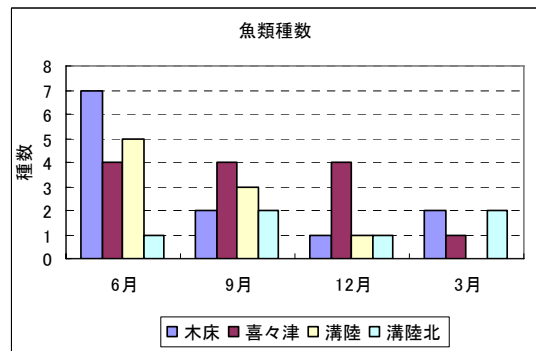


図13 魚類種数の季節変化

(5) 底生動物

ダイバーの目視によるメガベントスの季節変化を図14に示す。

各地点とも、沖側よりも投石がある岸側に多く生物がみられた。特に磯場が築かれている溝陸では、沖側ではほとんど生物がみられなかったのに対し、磯近くでは多様な生物層が出現していた。一方、垂直護岸である溝陸北では、沖側よりも岸側で生物種数が多かったが、オオヘビガイを主とする軟体動物及びフジツボ類を主とする節足動物で占められており、他地点のような多様性はみられなかった。

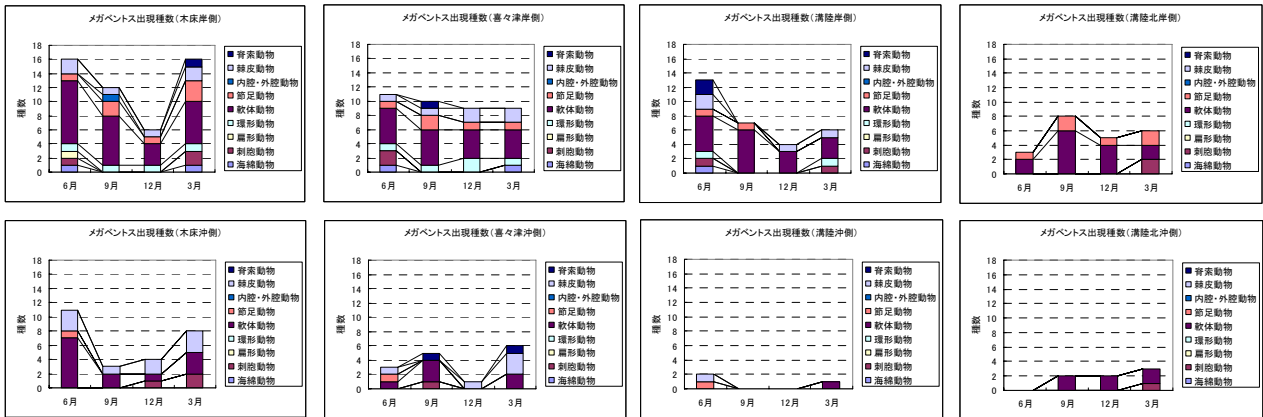


図14 メガベントスの季節変化

3. 浮棚藻場による効果の検証

(1) 褐藻アカモクの成長度

夏期に沖出したものについては、2週間程度でフジツボ類の着生が激しくなり、2ヵ月後にはプレート全体を覆うようになった。また、付着生物も大量に発生し、実験の継続が困難であったことから、10月に撤収した。

秋期に沖出したものについての各層のアカモクの成長の経時変化及び写真を、それぞれ図15及び図16に示す。

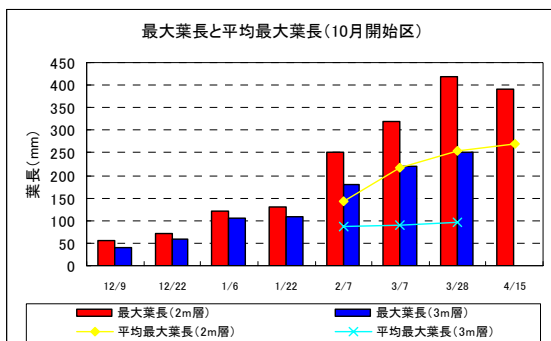


図15 浮棚藻場(アカモク)の成長の経時変化

10月に設置した筏は、2m層ではほぼ順調に成長し、

3月下旬で最大42cm(各プレートの平均最大葉長25cm)まで成長したが、3m層では最大25cm(各プレートの平均最大葉長9.6cm)までしか成長せず、相違がみられた。

実験開始171日目(平成17年4月15日)に回収したアカモクの湿重量は、2m層で1プレートあたり218.3g・wet、3m層で1プレートあたり42.2g・wetと5倍の差が生じた。このような差異は、3m層に生育に十分な光量がないことによるものと考えられ、津水湾奥部での浮棚藻場は水面下2mまでが限界であると推定される。いずれの層のアカモクとも5月初旬には流出しており、3~4月が最も成熟する時期であった。

また、12月から1月にかけて、ロープに大量のアオサが付着しているのが確認された。1月6日に採取したアオサは緑褐色で、ロープ1連(ブイとブイの間:2m)あたり387.17g(湿重量)であった。

(2) 浄化能の推定

平成17年3月7日に採取したアカモクの窒素・リン含有量は表1のとおりであった。表には12月から1月にかけて筏に付着したアオサの窒素・リン含有量も合わせて示した。



図16 第2回沖出し時のアカモク(左:設置時、中央:2m層5ヵ月後、右:3m層5ヵ月後)

表1 アカモク・アオサの窒素・リン含有量

|      | 窒素含有量<br>(%) | リン含有量<br>( $\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}$ ) |
|------|--------------|---------------------------------------------|
| アカモク | 2.51         | 760                                         |
| アオサ  | 4.52         | 2,460                                       |

アカモクが、沖出しから採取日までの132日間に全窒素及びリンを取り込んだものとした場合、その吸収能は、窒素: $190\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}/\text{日}$ 、リン: $5.8\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}/\text{日}$ となる。松島湾でのアカモクによる水質浄化試験では窒素で $19\mu\text{g/g}/\text{日}$ という報告がある<sup>7)</sup>が、大村湾での結果も湿重量換算では $17.4\mu\text{g/g}\cdot\text{wet}/\text{日}$ となり、ほぼ同程度であった。

また、冬期に増加したアオサは非常に生育が早く、発生後約1ヶ月程度で表1のような含有量に達していた。アカモクと同様に吸収能を算出すると、窒素 $1,460\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}/\text{日}$ 、リン $79.3\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}/\text{日}$ となり、栄養塩類吸収能は非常に高いと考えられる。また、干潟等に打ち上げられたアオサに比べて色合いも濃く、浮棚藻場によるアオサの育成及び回収の有効性が示唆された。

## まとめ

### 1. 現存干潟・海浜における浄化能等の検証

アサリの生残実験では、アサリが斃死する原因として夏期の高水温、餌料不足、アオサの堆積によるダメージ等が示唆された。各干潟・海浜の底生生物の季節変動から夏～秋期は厳しい生息環境にあると思われることや、この時期を乗り越えたアサリはほぼ年間を通じて生残したことなどから、夏～秋期の生息環境の整備が重要であると考えられる。また冬期においても底質の攪拌(耕うん)等、ホトギスガイの優占化を防止する対策が必要であると考えられる。

干潟におけるメソコスム実験から、9月におけるアサリの濾過速度は $0.369\text{g}/\text{g}\cdot\text{殻付湿重}/\text{hr}$ と推定され、アサリの放流や育成が海域の浄化に貢献するものと考えられる。

### 2. 磯場・護岸による効果の検証

護岸前面に磯場等の石積みを設けることで、海藻類や底生動物が増加する傾向がみられた。また、海藻類の種数は、魚類出現種数と似た傾向がみられた一方で、護岸付着動物の種数と反比例する傾向がみられた。

### 3. 浮棚藻場による効果の検証

秋期に沖出した褐藻アカモクは、2m層では最大42cmまで成長したが、3m層では最大25cmまでしか成長しなかったことから、津水湾奥部における浮棚藻場は垂下水深2mが限界であると考えられる。また、アカモクによる栄養塩類固定量は、窒素: $190\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}/\text{日}$ 、リン: $5.8\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}/\text{日}$ と推定される。

浮棚藻場に付着したアオサによる栄養塩類固定量は、窒素 $1,460\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}/\text{日}$ 、リン $79.3\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}/\text{日}$ と推定され、栄養塩類吸収能が非常に高いことが示唆された。

## 参考文献

- 1) 森淳子他 衛生公害研究所報 47, 55～58 (2001)
- 2) 赤澤貴光他 衛生公害研究所報 48, 83～90 (2002)
- 3) 赤澤貴光他 衛生公害研究所報 49, 72～79 (2003)
- 4) 宮崎一他: 富栄養化における環境悪化と二枚貝の生残率の関係 用水と廃水 47(2), p.54-61 (2005)
- 5) (財)地球・人間環境フォーラム: 浅海域の水質浄化における底生生物寄与に関する調査研究報告書 平成11年3月
- 6) 細川恭史他: 浦賀湾防波堤の付着生物調査 港湾技研資料 No.962 (2000)
- 7) 佐々木久雄他: 模擬藻場における水質浄化試験 第38回水環境学会年会講演集 平成16年3月