ISSN 1346-7328
国総研資料　第６４８号
平　成　23　年　９月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.648　　September 2011

秋田港大浜地区生物共生型護岸における初年度モニタリング調査

上村了美・吉田潤・岡田知也・古川恵太

Monitoring of the ecological-type revetment on Port of Akita, Japan: A first year report

Satomi KAMIMURA, Jun YOSHIDA, Tomonari OKADA, Keita FURUKAWA

国土交通省　国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

国土技術政策総合研究所資料

No.648　　2011 年 9 月

(YSK-N-234)

秋田港大浜地区生物共生型護岸における初年度モニタリング調査

上村了美*・吉田潤*・岡田知也・古川恵太*****

要　旨

様々な環境下において，老朽化した既存護岸を生物の生息場所に改良する実験として，日本各地で生物共生型港湾構造物の整備が行われている．秋田港の大浜地区生物共生型護岸（以下，大浜護岸）はそうした事例の一つとして，これまで環境データの蓄積や環境再生事業の実施例が少ない日本海側での実証実験として実施された．実施に当たっては，藻場の造成や秋田県の県魚であるハタハタの産卵などを包括的目標に掲げ，異なる材料・構造で区画分けして施工するなど，先駆的な取り組みが行われている．本稿では，大浜護岸における初年度のモニタリング調査結果を報告するとともに，ハタハタの産卵場所として維持管理していく可能性についても言及した．

水質調査では，１）護岸周辺の旧雄物川，新城川，防波堤および外港を含めた水塊構造を把握するための降下式の多項目水質計を用いた多地点での調査，２）護岸の水質を継続的にモニタリングするために護岸に計測器を設置した調査，を行った．生物調査では，トランセクトライン法による目視観察を行い，回遊性の魚類については投網・釣り・刺し網を併用した．

調査の結果，大浜護岸は表層の塩分が低く，水深に伴う光量子の減衰が顕著という河口域の特色の下で，付着珪藻や低塩分に耐性のある藻類，アカオビシマハゼに代表される根魚，物質循環に寄与するとされるムラサキイガイやマナマコなどの生息場所になっていることが分かった．大浜護岸前において抱卵しているハタハタは採集できたが，護岸での産卵は確認できなかった．この原因については，産卵に適した大型海藻がほとんど出現しなかったこと，さらに塩分と光量子が大型藻類の着底・成長に適していないなどの理由が考えられ，現状では大型海藻の着底・成長は容易ではないと推測される．このような大浜護岸に産卵場としての機能を持たせる場合は，大型藻類を人工物で代替し，産卵場所を創出することなどが対策の一つとして考えられる．そうした取り組みに発展させる場合は，対策の実施とともに，河川水の影響下でも卵の発生が進み，稚魚がふ化するまでを追跡し，個体数の増加に寄与することを調査するなど，効果を検証できるモニタリングも同時に実施する必要がある．また，大浜護岸は施工後まもないため，今後，生物相が変化する可能性の高いことから，継続的な調査によって状況を把握しつつ，管理することが重要であると考えられる．

キーワード：付着生物，ハタハタ，塩分，水温，相対光量子

*沿岸海洋研究部海洋環境研究室研究官

**沿岸海洋研究部海洋環境研究室主任研究官

***沿岸海洋研究部海洋環境研究室長

〒239-0826　横須賀市長瀬3-1-1　国土交通省国土技術政策総合研究所
電話：046-844-5023　Fax：046-844-1145　　e-mail: kamimura-s92y2@ysk.nilim.go.jp

Technical Note of NILIM

No. 648 Sep. 2011

(YSK-N-234)

Monitoring of the ecological-type revetment on Port of Akita, Japan: A first year report

Satomi KAMIMURA*

Jun YOSHIDA*

Tomonari OKADA**

Keita FURUKAWA***

Abstract

The ecological-type revetment in Ohhama of Port of Akita, Japan (Ohhama revetment) was characterized by its location along the Sea of Japan and its unique structure – the materials of which attempt to develop a seaweed bed for the spawning of sandfish. In this study, field observation of environmental factors and an assemblage of marine organisms were conducted for the course of a year after completion, and the potential for egg-laying on the Ohhama revetment was discussed.

Low salinity in the water surface and decreasing relative light intensities with depth were observed around the Ohhama revetment. Diatoms, chameleon goby (*Tridentiger trigonocephalus),* bivalve (*Mytilus galloprovincialis*), and sea cucumber (*Stichopus japonica*) were dominant species on the revetment. These results indicate that the Ohhama revetment has strong stratification under the effect of two rivers and that it functions as a habitat for many marine organisms. Sandfish were sampled around the revetment; however, they did not spawn on the revetment. Macro algae are important for sandfish spawning, but few macro algae had developed on the revetment. In this case, it is hard to develop macro algae for egg-laying due to strong stratification. The artificial spawning materials could provide one possible solution strategy. This report is important as an initial value; however, continuous monitoring is needed to determine the dynamics of the assemblage of marine organisms and to estimate its potential as an egg-laying site.

Key Words : coastal structure, assemblage of marine organisms, sandfish, light quantum, salinity

*Researcher of Marine Environmental Division, Coastal and Marine department

**Senior Researcher of Marine Environmental Division, Coastal and Marine department

***Head of Marine Environment Division, Coastal and Marine Department

National Institute for Land and Infrastructure Management Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

3-1-1 Nagase, Yokosuka, 239-0826 Japan

Phone : +81-468-44-5023 Fax : +81-468-44-1145 e-mail:kamimura-s92y2@ysk.nilim.go.jp

目次

1. はじめに 1

2. 方法 1
2.1. 調査場所 1
2.2. 水質調査 3
2.3. 生物調査 3

3. 結果 3
3.1. 多項目水質計 3
3.2. 護岸の塩分・水温の変動（設置型水質計） 9
3.3. トランセクトライン調査 14
3.4. 魚類調査 19

4. 考察 20
4.1. 初年度の大浜護岸の現状 20
4.2. ハタハタの産卵場所としての維持管理 21

5. おわりに 21

謝辞 21

参考文献 21

1.　はじめに

近年，老朽化した護岸を復旧する際に海洋生物の生息環境としての機能に配慮し，生物共生型の港湾構造物とする取り組みが全国各地で行われている．このような取り組みが行われるまでには，昭和40年代に港湾行政における公害対策が開始され，昭和48年の港湾法改正を経て，海域環境創造や底質浄化などの自然再生が行われるようになったという経緯がある（運輸省港湾局研究協議会　1995）．港湾域の構造物に対し水質改善の機能を持たせる試みは同時期に始まり，その後，藻場の機能を持たせたり，親水施設としての機能を持たせたりといったより広範な環境（生物・親水）に配慮した形状の防波堤・護岸が全国的に整備されるようになった．エコポート政策（1994 年策定）を経て，2011 年現在，今後の完成予定も含め全国計66カ所において環境配慮型防波堤・護岸が造成・着手されている（国土交通省港湾局，http://www.mlit.go.jp/kowan/ecoport/index.htm）．2009年には，実験的な試みとして，秋田港（大浜地区），新潟港（西港地区），堺泉北港（堺2区），北九州港（洞海地区），石垣港（新港地区）の計5カ所において生物共生型護岸が整備された．特に秋田港の大浜地区生物共生型護岸は，これまでの環境データの蓄積や環境再生事業の実施例が少ない日本海側の河口域において施工され，また岩礁性・砂泥性藻場の造成や秋田県の県魚であるハタハタの産卵などを期待して，異なる材料・構造で区画分けして施工するなど，先駆的な取り組みが行われている．このような構造物は，目的とする藻場の造成やハタハタの産卵場としてだけでなく，その他の海洋生物の生息場所としての機能も有するものと予想された．そこで本稿では今後のモニタリングの初期値として重要となる初年度の調査結果をまとめ，併せてハタハタの産卵場所としての可能性について考察する．

2.　方法

2.1.　調査場所

調査場所は秋田港大浜地区生物共生型実験護岸（以下，実験護岸）およびその周辺とした（**図-1**）．実験護岸は旧雄物川および新城川の河口域に位置しており，区画①～⑧に区分され，区画⑤が区画⑥を挟んで 2 カ所に作られた構造をしている（**図-2**）．区画①，②，③は異なる形状・素材のブロックを使用している（**図-2**）．区画④は水深 2.0 mに被覆ブロックを用いた浅場が造成された．区画⑤および⑥は，砂を入れるブロックが設置されたが，本調査は砂の搬入前に行った．区画⑦は基礎石，区画⑧は消波ブロックで施工されている．

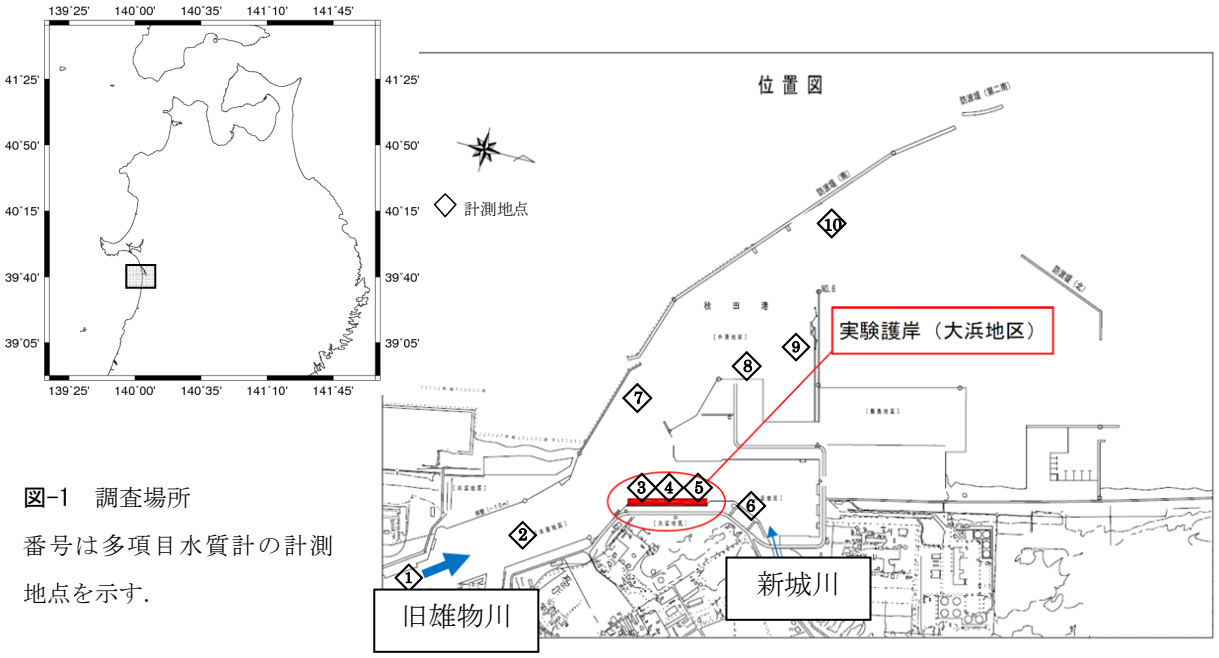


図-1　調査場所
番号は多項目水質計の計測地点を示す．

取付部	区画①	区画②	区画③	区画④	区画⑤	区画⑥	区画⑤	区画⑦	区画⑧	取付部
-52.4m-	-60m-	-60m-	-60m-	-50m-	-50m-	-50m-	-60m-	-60m-	-60m-	-35m-

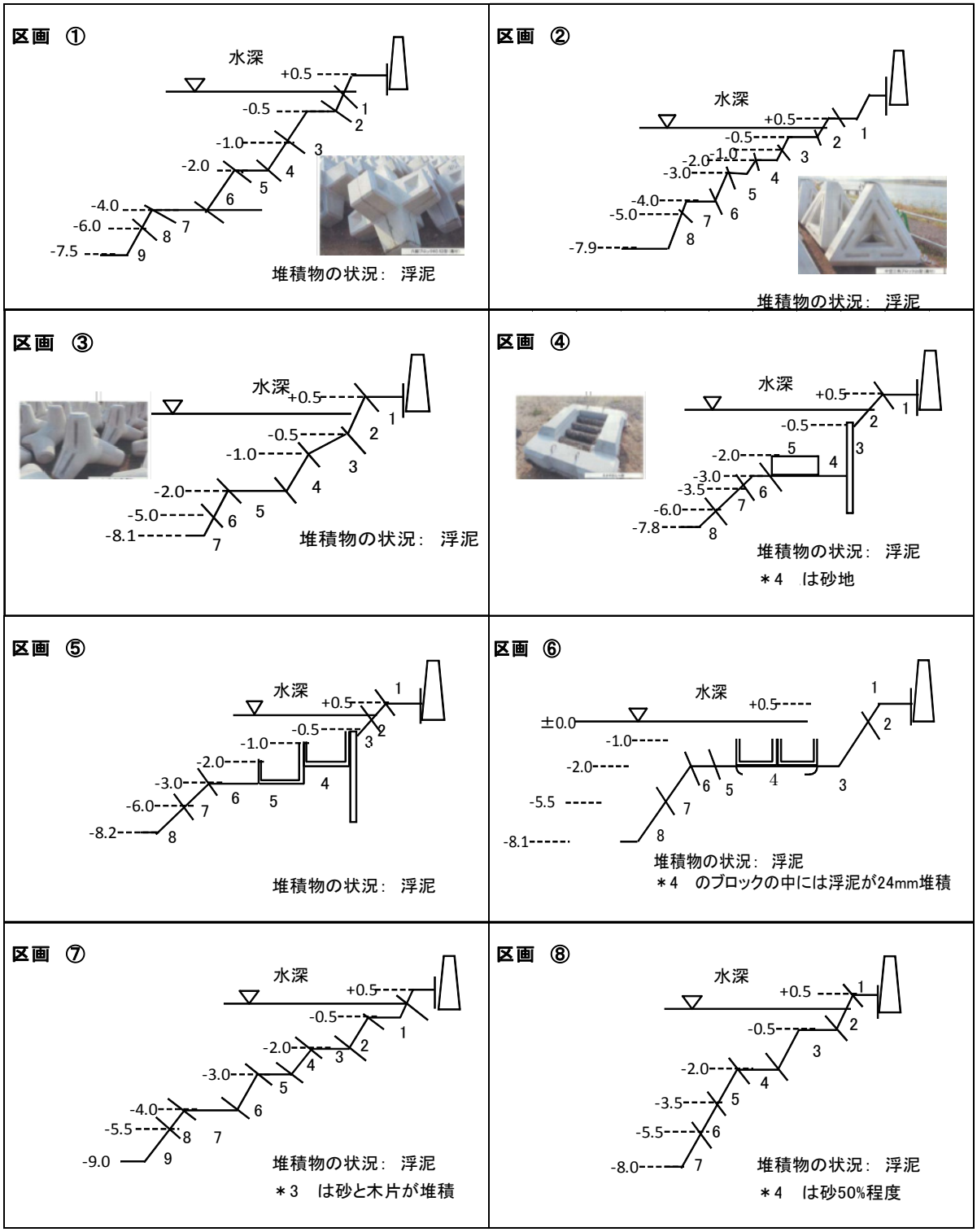


図-2　実験護岸全体の区画図(上)と区画①～⑧の構造

2.2.　水質調査

本調査は平成 22 年 9 月から平成 23 年 3 月に行った.

表-1　調査項目と調査時期

項目		時期	2010～2011						
			9	10	11	12	1	2	3
水質	多項目水質計	St.1-10	○	○	○	○			
		護岸前9カ所					○		○
	設置型水質計			○	○	○	○	○	○
生物	トランセクト・コドラート			○		○	○		
	刺し網・釣り・投網			○		○	○		○

水質調査は，１）船上から多項目水質計（AAQ）を降下させる方法，および２）設置型の水質計を護岸に固定して設置する方法を併用した．１）は旧雄物川や外港などを含む実験護岸周辺を広範囲に調査すること，２）は実験護岸の水質を継続的にモニタリングすることを目的とした．多項目水質計による調査では，水温，塩分，DO 濃度および相対光量子（水深 0mの光量子を 100 とした場合の百分率）を調査項目とし，9 月に 5 地点（St.1，2，3，6，10），10，11，12 月は 10 地点（St.1~10）調査した（**図-1**）．1，3 月は，実験護岸前を詳細に調査することとし，区画①～⑧と取付部の護岸法尻部，計 9 カ所において調査を行った．測定値から水深 10cm 毎の平均値を計算し，旧雄物川―新城川（9 月は St.1，2，3，6 の 4 地点，10，11，12 月は St.1-6 の 6 地点，1，3 月は実験護岸前の区画①～⑧および取付部の計 9 地点），旧雄物川-秋田港外港（10，11，12 月のみ St.1-2-7-8-9 の 5 地点），旧雄物川-防波堤南（9 月は St.1，2，10 の 3 地点，10，11，12 月は St.1，2，7，10 の 4 地点）に分けてコンター図を作成した．砂泥性藻場の代表種はアマモであり，岩礁性藻場はアカモクなどを主としたガラモ場であることから，これらの塩分下限とされる 20 と 26 を基準に塩分構造を把握した．

設置型水質計は，実験護岸区画⑦の水深 0.5，0.75，1.0，1.5，2.0，3.0，4.0mに，計 7 機，設置した．データの取得間隔は，2010 年 10 月 3 日～11 月 13 日は 60 分毎に 0.5 秒間隔で 30 データを取得し，2010 年 11 月 13 日～2011 年 3 月 2 日までの間は 10 分毎に 1 データを取得した．測定したデータは，測定インターバル毎に平均を計算して各インターバルの値とし，水温 0.2℃もしくは塩分 0.2 毎の頻度分布を作成した．

2.3.　生物調査

実験護岸に付着している海藻，動物，護岸を生息場所としている魚類，匍匐動物について，トランセクトライン法を用いて調査を行った．トランセクトライン法では，各区画において上部から護岸尻まで，幅 1mのラインを潜水し，目視観察で確認できた生物を CR 法（cc：非常に多い，c：多い，+：普通，r：まれ，rr：非常にまれ）によって記録した．種まで同定できなかった分類群は綱，科，属名を記載し，それぞれ 1 種としてカウントした（例えば珪藻綱や藍藻綱はそれぞれ 1 種とした）．調査対象の護岸は水平部分と傾斜部分の組み合わさった構造をしているが，水深 2 mはどの区画においても水平部分のあることから，区画ごとの種数を比較する際には水深 2mのデータを抽出した．

実験護岸前の魚類調査については，投網（網丈 3m，目合い 12mm）・釣り・刺し網（網丈 4.5m，目合い 1 寸，2 寸，4 寸を各 5mずつ縫い合わせたもの，総幅 15m）を併用した．刺し網は 夕方に設置し，翌日の朝に回収した．

3. 結果

3.1.　多項目水質計

(1)　水温

今回の調査時期（9～3 月）において，調査地点全域において表層よりも底層の水温が高い傾向が見られた．また，河川の表層の水温は，外港や防波堤に比べ，1~2℃低い傾向が見られた．

a)　旧雄物川－新城川ライン

9 月では表層 0～3mに水温 20～25℃の層が見られ，3 m以深は 25℃以上であったが(**図-3-a**)，10 月は 20℃（**図-3-b**），11 月は 15℃以下(**図-3-c**)と徐々に表層の水温が低下し，12 月には表層 0～1mで 10～13℃以下，2m以深では 13～14℃前後であった(**図-3-d**)．また 12 月では，St.1 および St.3，4，5，6 の表層 0～1.0mにおいて，11℃以下の層が見られ，同水深の St.2 の水温は，1~2℃高かった．

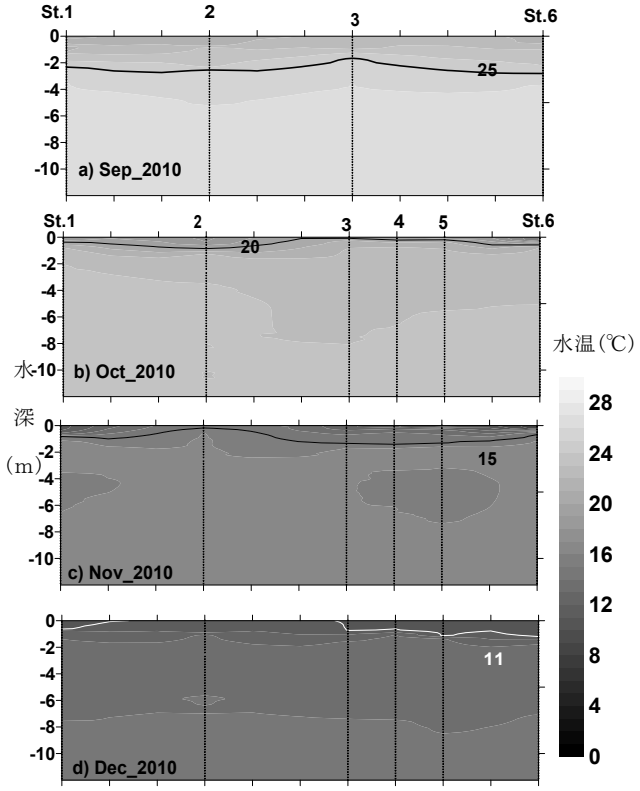


図-3　多項目水質計による水温計測．旧雄物川（St.1）―新城川（St.6）ライン．a)：9 月，b)：10 月，c)：11 月，d)：12 月

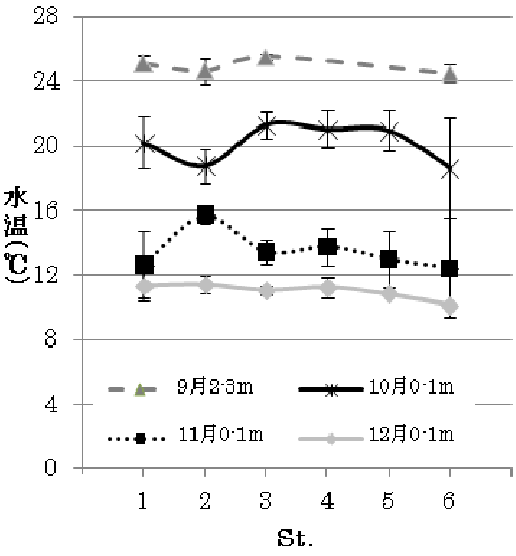


図-4　旧雄物川－新城川の表層の水温．9 月の表層 2～3m，10・11・12 月の表層 0～1mの水深内の平均値．エラーバーは標準偏差を示す．

旧雄物川－新城川では，9 月の水深 2～3m，10・11・12 月の水深 0～1m付近に着目し，これらの水深における平均値を求めた（**図-4**）．9 月の水深 2～3mおよび 10 月の水深 0～1mでは，St.3~5（実験護岸前）に比べて，St.1（旧雄物川）と St.2（旧雄物川河口）および St.6（新城川河口）の水温が約 0.5～2.5℃低く，どちらの河川水とも護岸の水温に影響した様子はあまりみられなかった．11 月では St.6 から St.3 まで連続的に水温が低く，新城川の影響が実験護岸前（St.3）にまで広がっている様子が見られた．また，12 月では St.5 および St.6 の水温が他の地点よりもやや低い値を示していた．以上のことから，実験護岸周辺は，新城川の影響が旧雄物川と比べて比較的強いと考えられる．

b)　実験護岸前

1 月では実験護岸前の水深約 3.0mまでの水温が 5℃以下であり，区画②，③および⑦，⑧では 2.0m付近まで 3℃以下であった（**図-5-a**）．3 月では区画⑤から取付部までの水深約 0~1.5mは 6℃以下であり，実験護岸前全体では 2m以深が 7～9℃であり，表層・底層ともに 1 月より高くなっていた(**図-5-b**)．

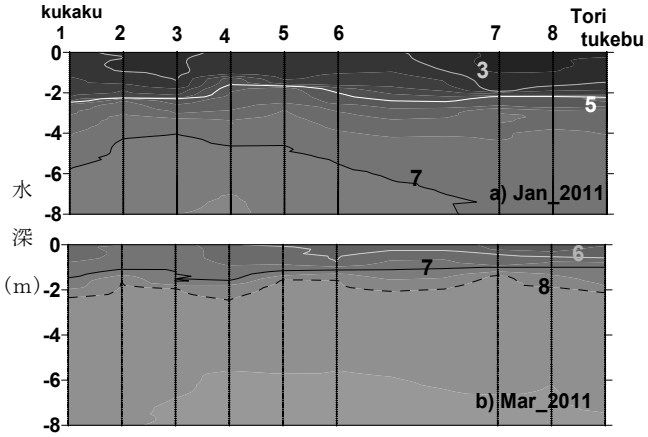


図-5　多項目水質計による水温．実験護岸前（区画①～取付部）．a)：1 月、b)：3 月

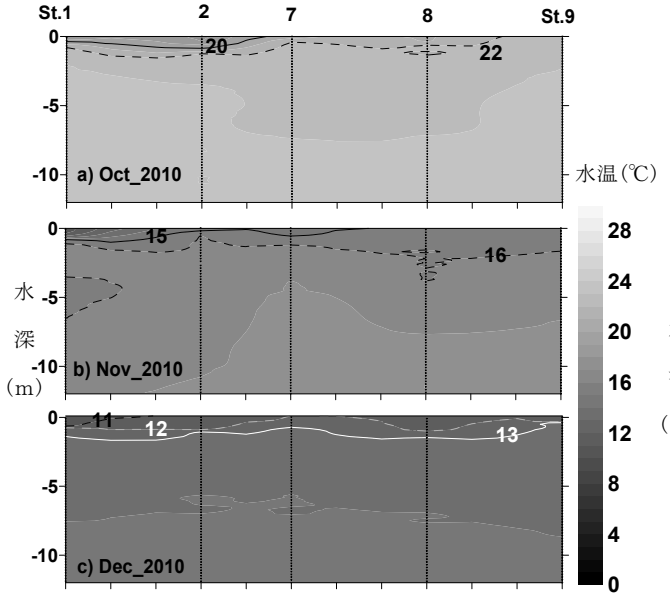


図-6　多項目水質計による水温．旧雄物川（St.1 ）―外港（St.9）ライン．a)：10 月，b)：11 月，c)：12 月

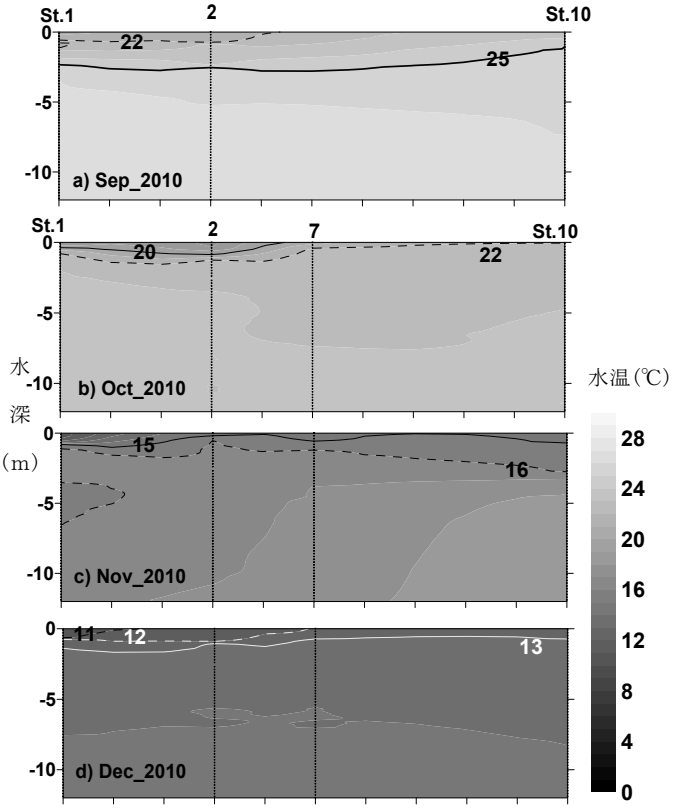


図-7　多項目水質計による水温．旧雄物川（St.1 ）―防波堤南（St.10）ライン．a)：9 月、b)：10 月、c)：11 月、d)：12 月

c)　旧雄物川－外港ライン

旧雄物川－外港では，旧雄物川よりも外港の表層の水温が高い傾向にあった（図-6-a，b，c）．10 月の St.1（旧雄物川）および St.2 の水深 0～1mに見られる 20℃以下の水塊が，St.7 の手前で不連続になり，外港の St.8，9 では同水深の水温は 1~2℃高い傾向が見られた（図-6-a）．また，11 月には St.1 と St.2 の表層 0～1mに見られる 15℃以下の水塊が St.7 を過ぎてから不連続になり，St.8，9 では 1~2℃高い傾向が見られた（図-6-b）．12 月では，表層 0～1mに見られる 11℃以下の層は St.1 付近に留まり，St.8，9 では約 1℃高い傾向が見られた（図-6-c）．

d)　旧雄物川－防波堤南ライン

旧雄物川－防波堤南では防波堤南の表層の水温が高い傾向にあり（図-7-a，b，c，d），9 月の旧雄物川の約 2m 以深の水温が 25℃以上であるのに対し，防波堤南付近では，約 1m以深から 25℃以上になっていた（図-7-a）．また，10 月の St.1（旧雄物川）の水深約 0.5mに見られる 20℃以下の層が，St.7 の付近で不連続になり，防波堤南の水深 0～1mは 1~2℃高かった（図-7-b）．11 月では，表層 0～1mに見られる 15℃以下の層が防波堤南付近まで広がっていた（図-7-c）．12 月では表層 0～1mに見られる 11℃以下の層は St.1 付近に留まり，防波堤南の表層 0～1mは約 2℃高かった．

(2)　塩分

調査地点全体で，9 月は他の時期に比べて塩分 26 以下の層が厚く，防波堤南付近でも水深約 2m に塩分 26 の層が広がっていた．その他の月では塩分 26 以下の層は水深 0～2m の範囲に見られたが，外港や防波堤南付近の表層の塩分は高く，26 以上になっていた．

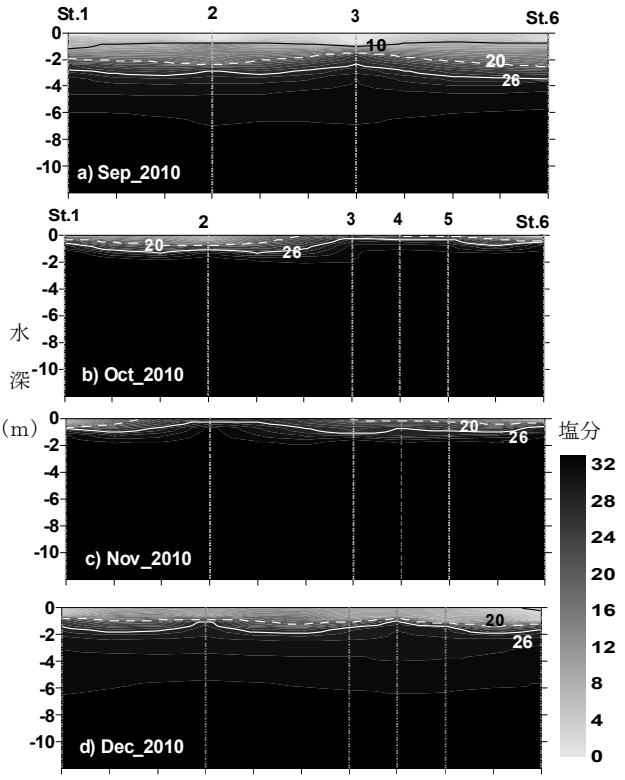


図-8　多項目水質計による塩分．旧雄物川（St.1 ）―新城川（St.6）ライン．a)：9 月、b)：10 月、c)：11 月、d)：12 月

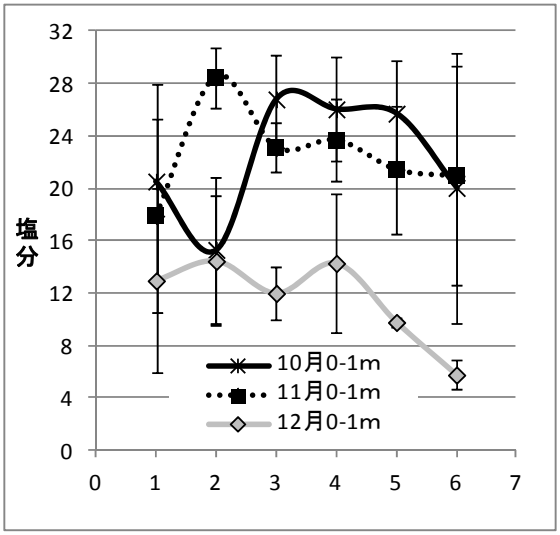


図-9　旧雄物川－新城川の表層の塩分．10・11・12 月の表層 0～1mの水深内の平均値．エラーバーは標準偏差を示す．

a）旧雄物川－新城川ライン

旧雄物川－新城川では，9 月は水深約 0～2mまで(図-8-a)，12 月は 0～1m付近まで(図-8-d)，実験護岸前を含む全体が塩分 20 以下であった．塩分 26 の層は，9 月は約 3.0m，10 月と 11 月は 1.0m以浅，12 月は 1.5m付近にあった(図-8-a，b，c，d)．また，9 月では St.1 から St.6 にかけて 1.0m以浅に塩分 10 以下の層が見られた．

この低塩分の水塊のコンターをみると，その低塩分水は，旧雄物川側と新城川側から流入していることが判る．そこで，新城川の実験護岸への影響範囲を推定するために，10・11・12 月の水深 0～1mの塩分に着目した(図-9)．9 月に関しては，実験護岸前のデータが少ないので省くこととした．10 月では低塩分水は St.1,2 および St.6 付近にのみ見られ，実験護岸前は海水の影響が強い．11 月では，St6-3 まで低塩分が連続しており，新城川（St.6）の影響が St.3（大浜護岸の端）にまで広がっている様子が見られた．12 月では，St.6 と 5 の塩分濃度が他に比べて低い傾向にあり，新城川（St.6）の影響は実験護岸の端（St.5）の限定的な範囲であった．

また，この塩分の変動は，水温の変動と良く一致しており，河川の影響は塩分の低下とともに，水温の低下をもたらしていることが判る．

b)　実験護岸前

1 月では実験護岸前の全体において，水深 0～2mで塩分 20 以下の層がみられ，2～3mまで塩分 26 以下になっていた(図-10-a)．3 月では，新城川近くの取付部から区画④まで，表層 0～1mで塩分 20 以下の層がみられ，実験護岸前の全域において 2m付近まで 26 以下であった(図-10-b)．このことから，3 月については，新城川の影響は区画④まで達していることが判る．一方，1 月については，どちらの河川水の影響か明確ではなかった．

c)　旧雄物川－外港ライン

旧雄物川－外港で表層における旧雄物川からの塩分 20

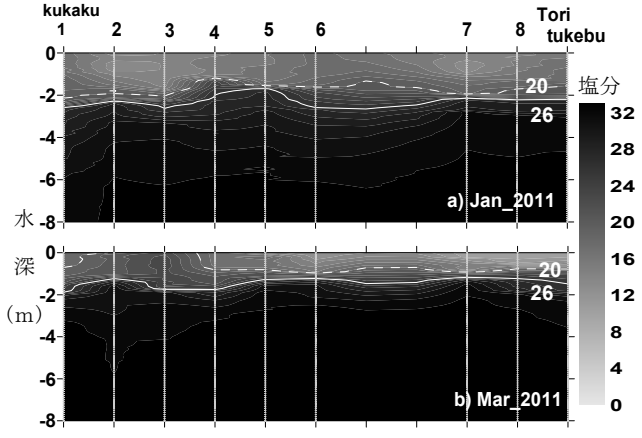


図-10　多項目水質計による塩分．実験護岸前（区画 1～取り付け部）．a): 1 月，b) : 3 月

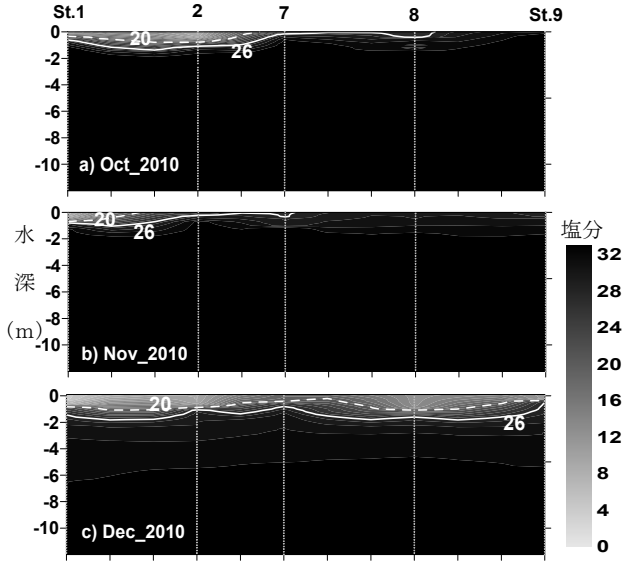


図-11　多項目水質計による塩分．旧雄物川（St.1 ）―外港（St.9）ライン．a): 10 月，b) : 11 月，c) : 12 月

以下の層は, 10 月には St.2 と St.7 の間まで(図-11-a)，11 月には St.1 付近まで(図-11-b)，　12 月には St.9（外港）にまで達していた(図-11-c)．また，塩分 26 以下の層は，10 月には St.8 まで(図-11-a) , 11 月には St.7 まで(図-12-b), 12 月には St.9（外港）にまで達していた(図-12-c).

d)　旧雄物川－防波堤南ライン

旧雄物川（St.1）－防波堤南（St.10）では，9 月に，St.1 の水深 0～2mにある塩分 20 以下の低塩分層は, 段階

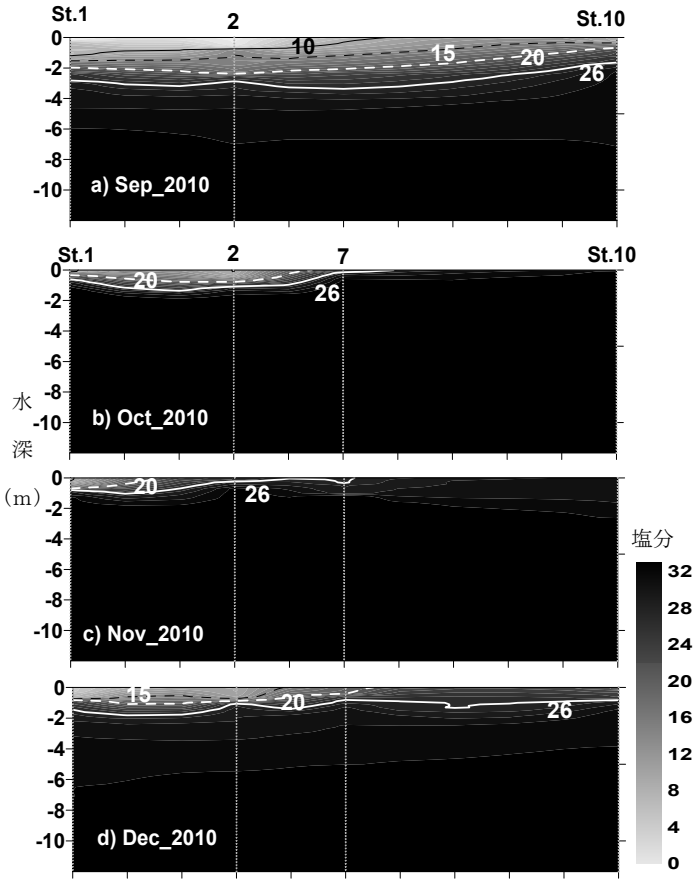


図-12　多項目水質計による塩分．旧雄物川（St.1 ）―防波堤南（St.10）ライン．a): 9 月，b) : 10 月，c) : 11 月，d) : 12 月

的に水深が浅くなりながら, 防波堤南にまで広がっていた(図-12-a)．10 月では St.1 の塩分 20 の層は St.7 付近で，11 月では St.2 の手前で，それぞれ不連続となり，同時期の防波堤南の表層は塩分 28 以上であった(図-12-b，c)．また，12 月では塩分 15 以下の層が St.1，2（旧雄物川）付近で留まっていたが，塩分 20 以下の層は，防波堤南の手前まで広がっていた. 塩分 26 以下の水層に着目すると，9 月に，St.1 の水深 0～3mにある塩分 26 以下の低塩分層は，水深はほとんど変わらず，防波堤南付近にまで広がっていた(図-12-a). 10･11 月では St.1 の塩分 26 の層は St.7 付近までに留まっていた(図-12-b，c)．また，12 月では，塩分 26 以下の層は, 防波堤南の水深 0～1mまで広がっていた(図-12-d).

(3)　DO 濃度

いずれの調査地点・調査時期においても表層 0～1mの DO が高い傾向があった(図-13，図-14，図-15)．また，9 月の旧雄物川の底層において（図-13-a)，DO4mg/L の層が見られたが，これ以外では DO が 5mg/L を下回るところはなかった．

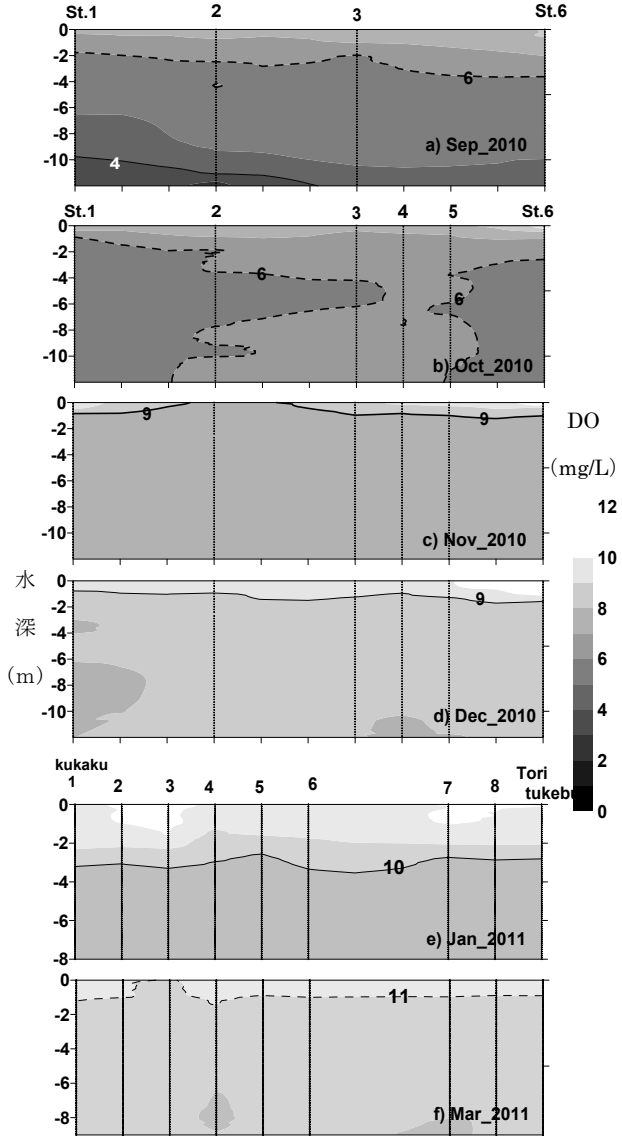


図-13　多項目水質計による DO 濃度（mg/L)．旧雄物川（St.1 ）―新城川（St.6）ライン，a)：9 月，b)：10 月，c)：11 月，d)：12 月，および実験護岸前（区画 1～取り付け部)，e)：1 月，f)：3 月

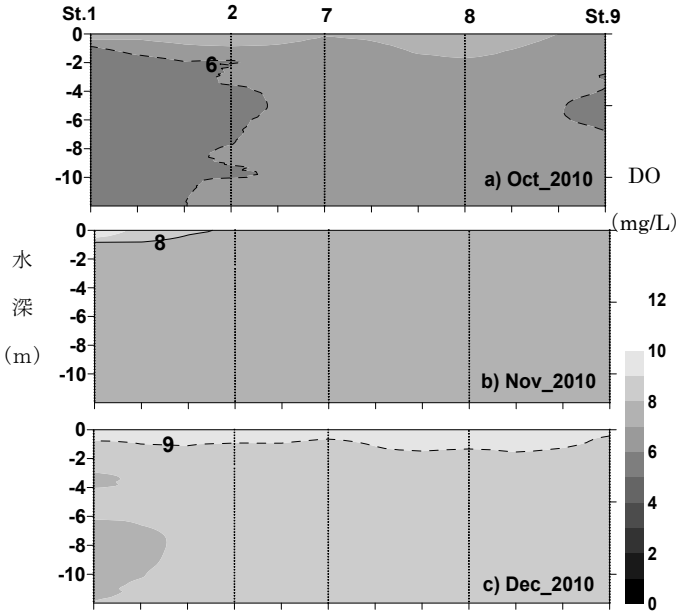


図-14　多項目水質計による DO 濃度（mg/L)．旧雄物川（St.1 ）―外港（St.9）ライン．a)：10 月，b)：11 月，c)：12 月

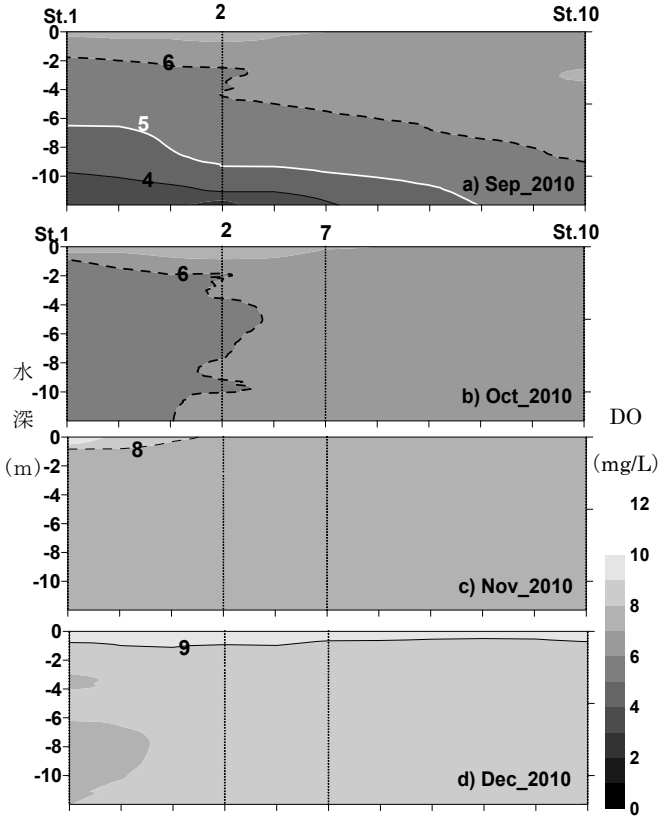


図-15 多項目水質計による DO 濃度（mg/L)．旧雄物川（St.1 ）―防波堤南（St.10）ライン．a)：9 月、b)：10 月、c)：11 月、d)：12 月

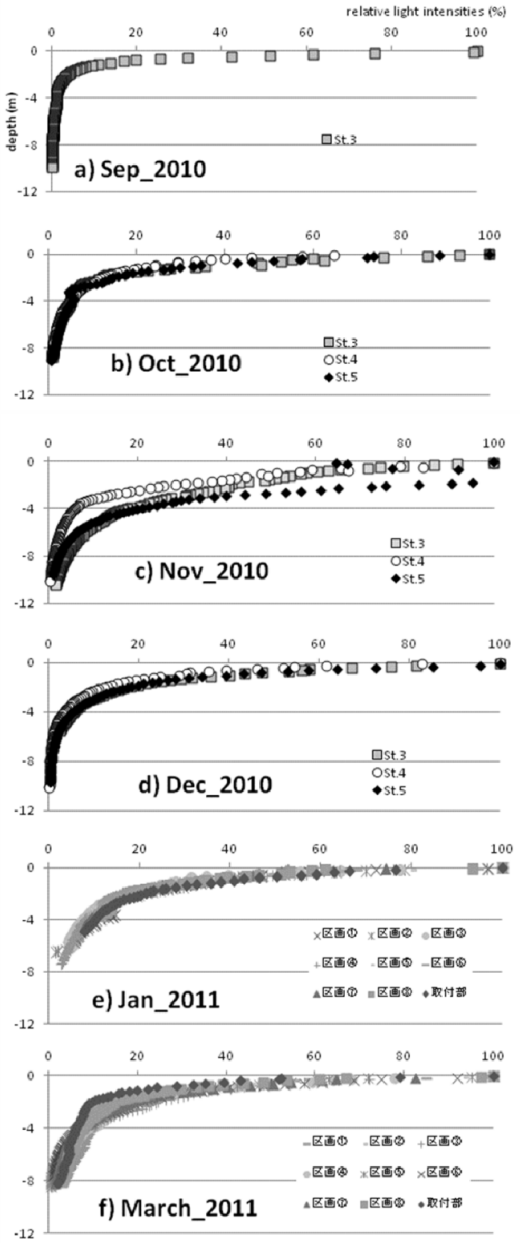


図-16　実験護岸前の相対光量子.

(4)　実験護岸前の相対光量子

水深に伴う相対光量子が最も減衰したのは 9 月で, 表層 0～1mの間に 20%以下になっていた（図-16-a）. 10 月では 0～2m（図-16-b）, 11 月では 3m付近（図-16-c）, 12 月では 1～2mで 20%以下に減衰していた（図-16-d）. 1・3 月では2m付近において20%以下であった(図-16-e, f).

3.2.　護岸の塩分・水温の変動（設置型水質計）

(1)　水温

10 月上旬の水温は 20℃以上であったが, 11 月下旬から 12 月にかけて表層の温度が徐々に下がって 10℃以下となり, 1～2 月は 5℃前後で推移するという季節性が見られた（図-17）. 設置水深ごとかつ月ごとにまとめた相対頻度では（図-18）, 水深 0.5mの水温の頻度のピークは 10 月に 22℃であったものが, 11 月は 14℃, 12 月は 10℃, 1 月は 3.5℃, 2 月は 5℃と季節的に変化していた. このような水温のピーク値の低下はすべての水深においてみられた. また変動幅については, 10 月の表層 0.5mの水温では, 10～25℃の幅で変動したが, 水深が深くなるにつれて水温の変動幅が狭くなり, 水深 4mでは 17～25℃の範囲で変動した. このような水深にともなう変動幅の縮小は, 11 月および 2 月でも見られた. 12 月と 1 月では水深 4mでも同時期の 0.5mと比べて変動幅はほとんど同じであった.

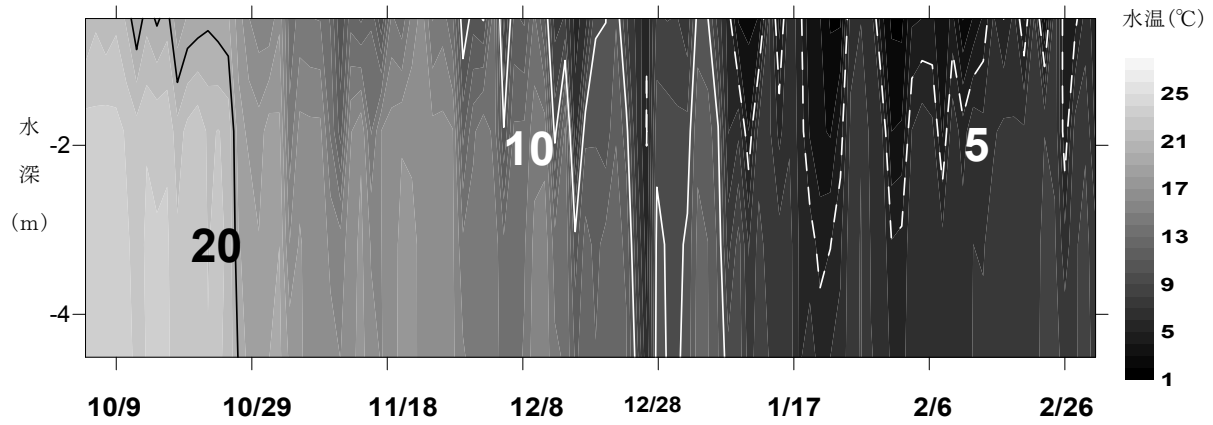


図-17　護岸の水温変動.

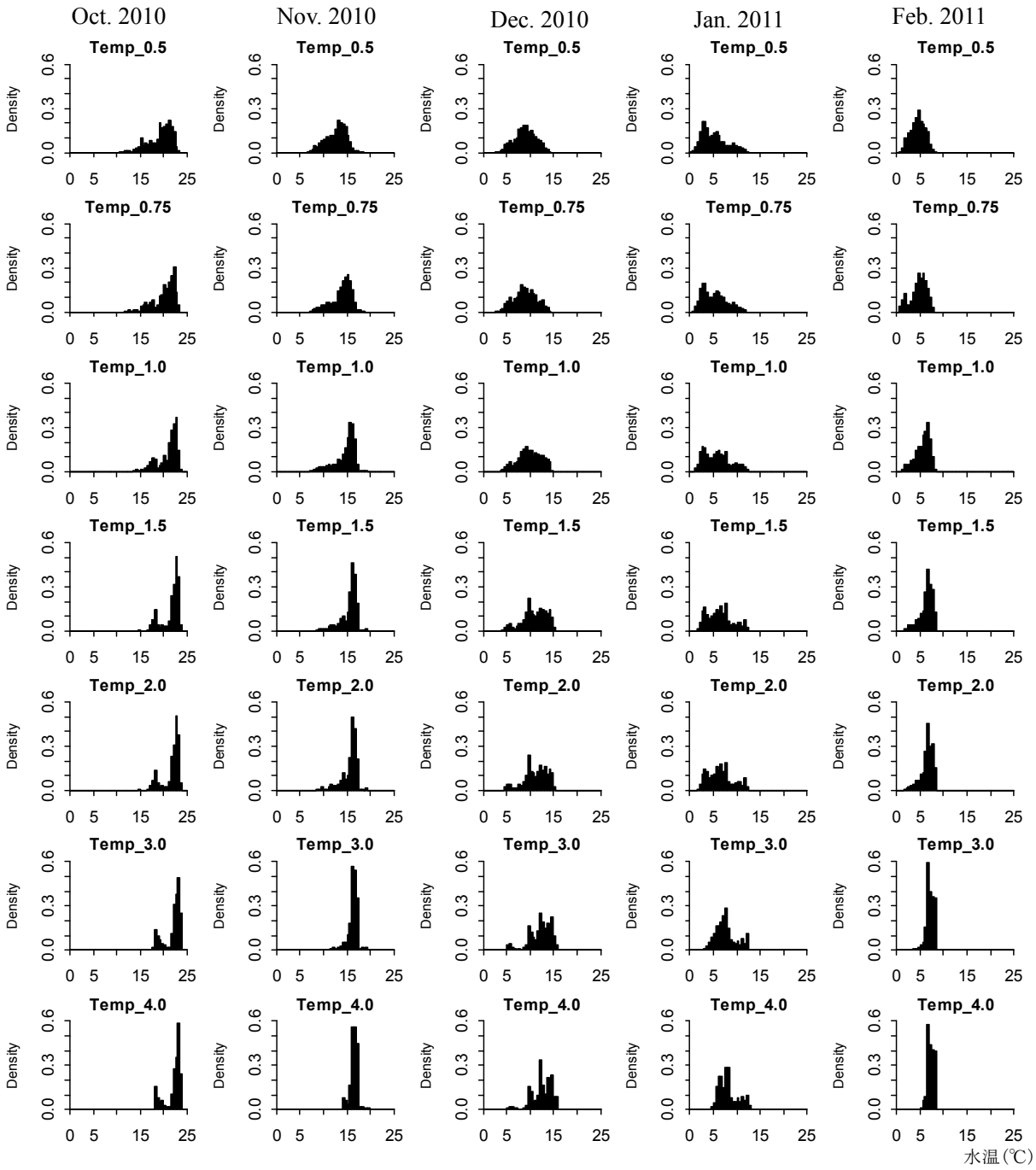


図-18　護岸の水温データの頻度分布.

最左列：10 月，左 2 列目：11 月，中央列：12 月，右 2 列目 1 月，最右列：2 月.

最上段：水深 0.5m，2 段目：水深 0.75m，3 段目：水深 1.0m，4 段目：水深 1.5m，5 段目：水深 2.0m，6 段目：水深 3.0m，最下段：水深 4.0m

(2)　塩分

水深 0～1mは頻繁に塩分が 20 以下になり，2m以深でも度々20 以下になることがあった（**図-19**）．また，2m以深では，塩分 26 以下になることもあった（**図-19**）．10，11，12，1，2 月に分けて，水深毎の相対頻度分布をみると（**図-20**），いずれの時期でも，水深 0.5mの変動幅が大きく，水深が深くなるにつれて変動幅が狭くなる傾向が見られた．水深0.5mでは10月では塩分20をピークとして，2～30 の範囲で変動し，2 月では塩分 5 をピークとして高塩分側に裾の広い分布を示した（**図-20**）．同水深の累積頻度分布をみると（**図-21**），10，11，12，1 月では塩分 20 以下であるのは 40～65%程度，26 以下を含めると 80%以上であったが，2 月では塩分 20 以下が 95%以上と，より高い頻度であった．また，水深 2.0mでは，いずれの時期も塩分 30 をピークとした分布を示しているが（**図-20**），10 月の塩分が狭い範囲に集中しているのに比べて，11～2 月では 10 以下まで頻度分布が広くなっていた．水深 2.0mの累積頻度分布では(**図-21**)，塩分 20 以下だったのは，11 月は 7.4%，12，1，2 月においては 15～18%であり，塩分 26 以下を含めると 11 月が約 25%，12，1，2 月においては 38～46%であった．2.0mについて調査期間を通してみると，塩分 20 以下は約 12%，26 以下を含めると約 32%であった．また，3.0mでは，12 月において他の月の同水深に比べて低塩分になる頻度が高く（**図-20**），塩分 20 以下だったのは 7.7%，26 以下を含めると約 16%であった（**図-21**）．3.0mに着目し，調査期間を通してみると，塩分 20 以下は約 2%，26 以下を含めると約 8%であった．12 月は，4.0mでも，他の月に比べて低塩分になる頻度が高く（**図-20**），他の月は 1%以下であったのに対し，12 月では 20 以下は約 3%，26 以下を含めると約 10%であった（**図-21**）．

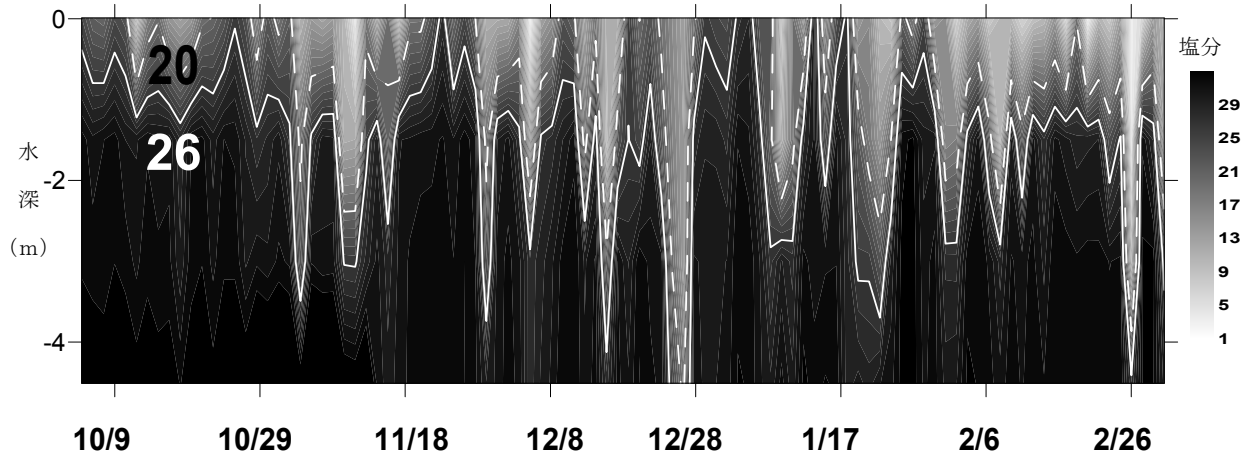


図-19　護岸の塩分変動．

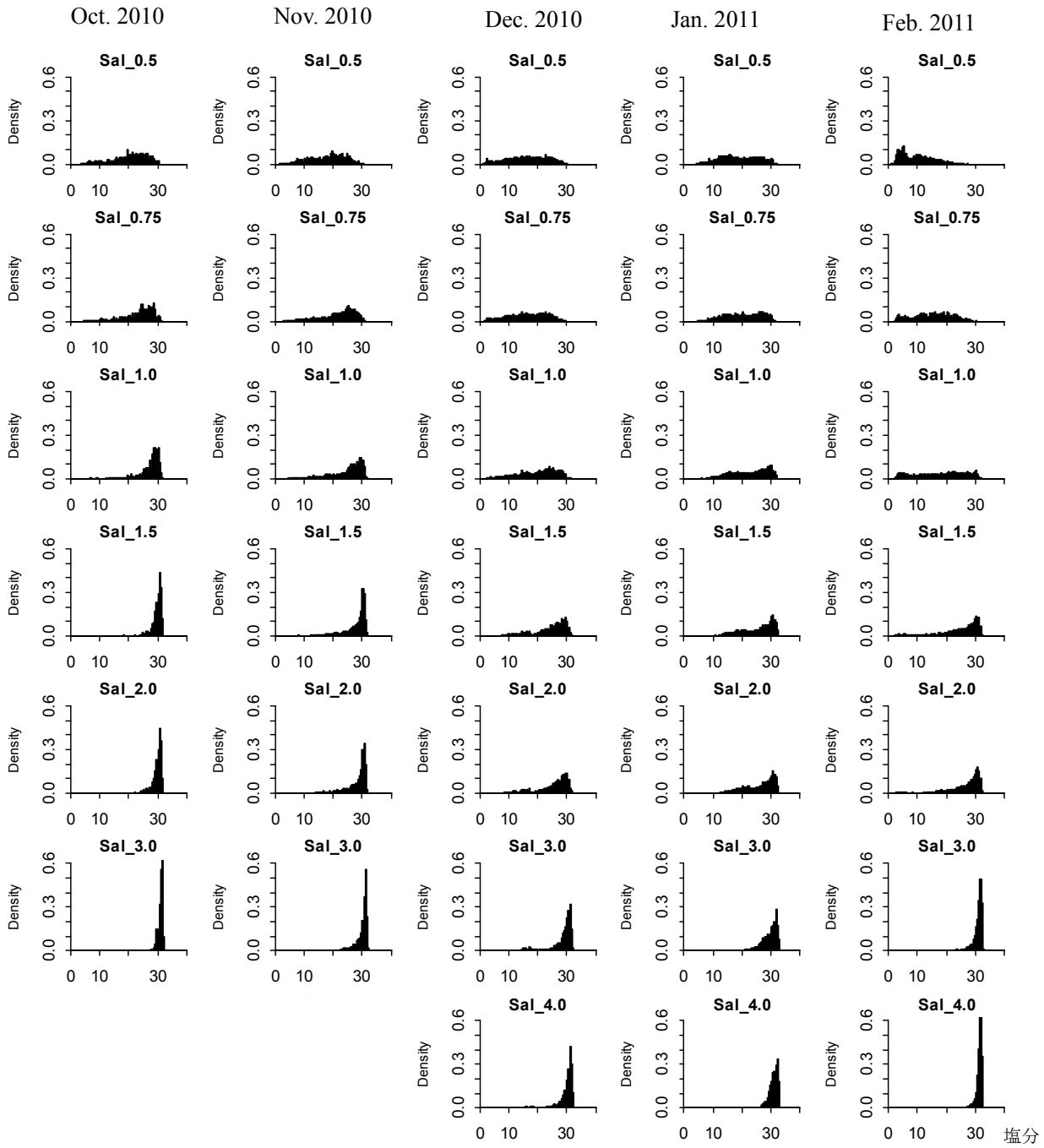


図-20　護岸の塩分データの頻度分布.

最左列：10 月，左 2 列目：11 月，中央列：12 月，右 2 列目 1 月，最右列：2 月.

最上段：水深 0.5m，2 段目：水深 0.75m，3 段目：水深 1.0m，4 段目：水深 1.5m，5 段目：水深 2.0m，6 段目：水深 3.0m，最下段：水深 4.0m

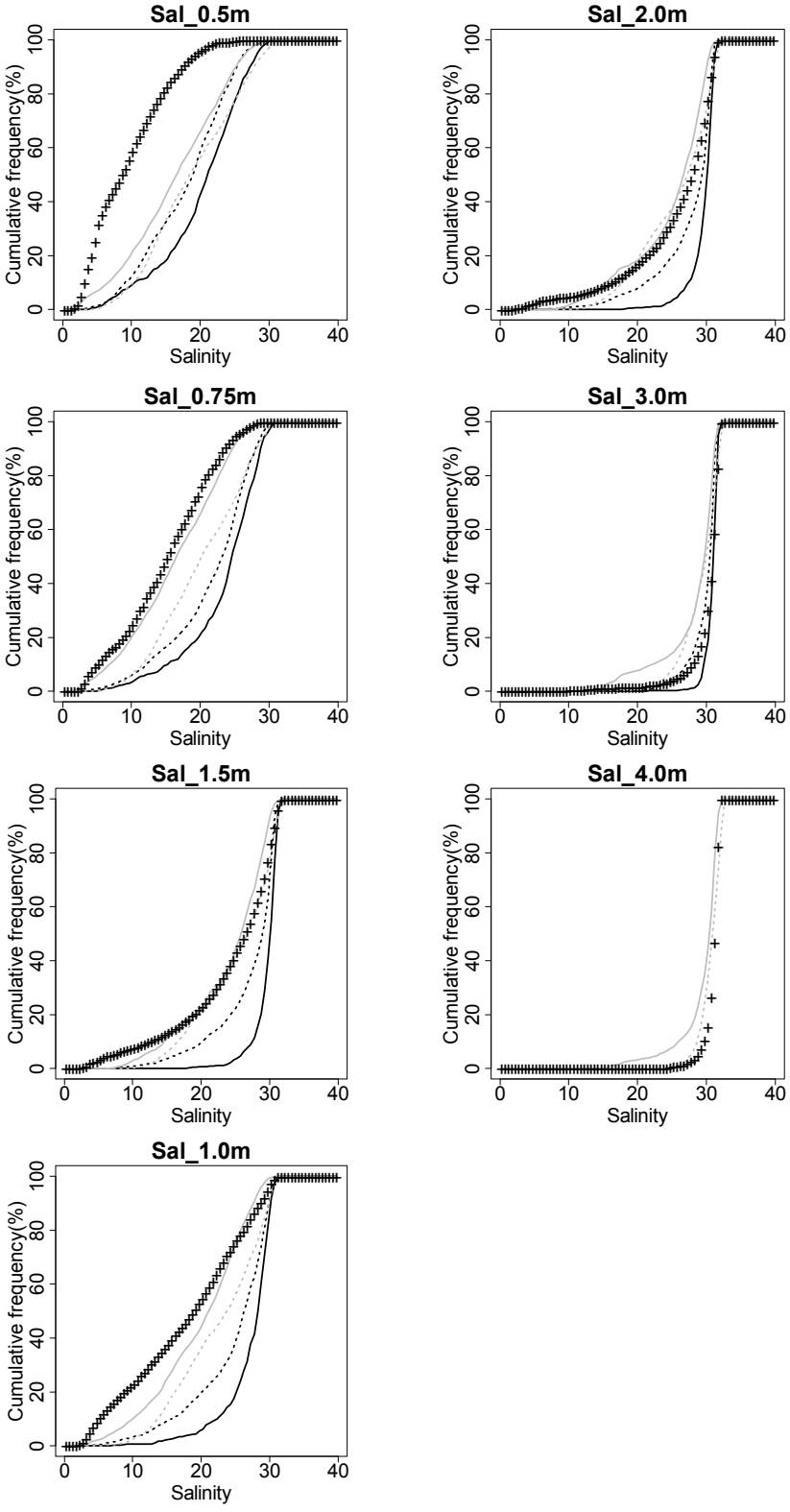


図-21　護岸の塩分データの水深毎の累積頻度.

左上から水深 0.5m、0.75m、1.0m、1.5m、右上から 2.0m、3.0m、4.0m.

実線黒：10 月、点線黒：11 月、実線灰：12 月、点線灰：1 月、+点線：2 月を示す.

表-2　調査月ごとの出現頻度.

	出　現　種	出現頻度(/9区画)		
		10月	12月	1月
植物	藍藻綱	3	3	2
	アマノリ属	0	0	2
	テングサ科	1	0	0
	キントキ属	1	0	0
	ハリガネ	0	0	2
	カバノリ	5	4	4
	オゴノリ属	0	1	2
	イギス科	0	2	8
	珪藻綱	0	0	9
	カヤモノリ属	0	1	4
	シワランソウモドキ	1	0	0
	アオノリ属	9	9	9
	アオサ属	2	3	4
	シオグサ属	6	9	8
付着動物	尋常海綿綱	0	0	1
	カンザシゴカイ科	1	1	1
	オオヘビガイ	5	3	4
	コベルトフネガイ	2	1	0
	ナミマガシワガイ	9	9	9
	ムラサキイガイ	9	9	9
	マガキ	0	0	6
	イワガキ	7	6	8
	キヌマトイガイ	8	0	0
	アメリカフジツボ	9	9	9
	ヨーロッパフジツボ	9	9	9
	ミネフジツボ	9	9	9
	サンカクフジツボ	9	9	9
	ユウレイボヤ	6	0	0
	エボヤ	5	5	5
	シロボヤ	9	9	9
	海鞘亜綱(単体ホヤ類)	0	0	2
匍匐動物	コシタカガンガラ	4	1	1
	オオウヨウラクガイ	1	0	0
	レイシガイ	0	2	2
	イボニシ	1	0	0
	トゲアメフラシ	1	0	0
	モエビ科	0	0	1
	ケブカヒメヨコバサミ	0	1	0
	ユビナガホンヤドカリ	2	1	1
	タカノケフサイソガニ	0	0	3
	イシガニ	7	3	3
	イトマキヒトデ	0	0	1
	マヒトデ	0	4	9
	サンショウウニ	0	0	1
	マナマコ	0	4	9
魚類	ウミタナゴ	2	0	0
	キュウセン	3	0	0
	ホンベラ	1	0	0
	イシダイ	4	0	0
	マダイ	1	0	0
	クロダイ	9	1	0
	マハゼ	4	0	0
	ヒメハゼ	0	2	0
	アカオビシマハゼ	9	9	9
	イソギンポ	1	0	0
	ハオコゼ	3	0	2
	メバル	8	5	0
	メバル属	2	0	0
	アナハゼ属	1	0	0
	アミメハギ	2	0	1
	ヒガンフグ	0	1	0
計	出現種数(種)	42	32	38

3.3.　トランセクトライン調査

出現した生物は，植物 14 種，付着動物 17 種，匍匐動物 14 種，魚類 16 種の計 61 種であり，これらをあわせた種数は 10 月が最も多かった（表-2）．植物の種数は 1 月がやや多く（図-22），テングサ科，キントキ属，シワランソウモドキなどは 10 月のみ，アマノリ属，ハリガネ，珪藻綱などは 1 月にのみ出現するなど，季節的な種の交代が見られた（表-2）．付着動物の種数はほとんど変化しなかったが（図-22），キヌマトイガイ，ユウレイボヤが 10 月のみ出現し，マガキが 1 月のみに出現するなどの特徴があった（表-2）．匍匐動物の種数は 10 月から 1 月に増加する傾向がみられ（図-22），特にイトマキヒトデ，マヒトデ，サンショウウニ，マナマコなどの棘皮動物が 1 月に多く出現した（表-2）．魚類は 10 月から 1 月にかけて種数が減少しており（図-22），イシダイ，クロダイ，マハゼ，メバルなどは 10 月に多く見られたが，1 月には全く出現しなかった（表-2）．

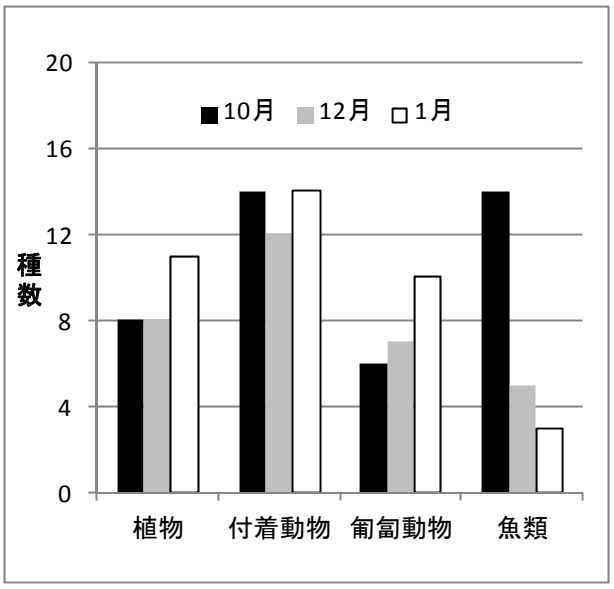


図-22　各月に出現した種数.

各区画の水深 2mに出現した種数を比較したところ（図-23），調査期間全体では区画①，②，⑥において種数が多く，区画⑤，⑦，⑧および取付け部おいては少ない傾向がみられた.

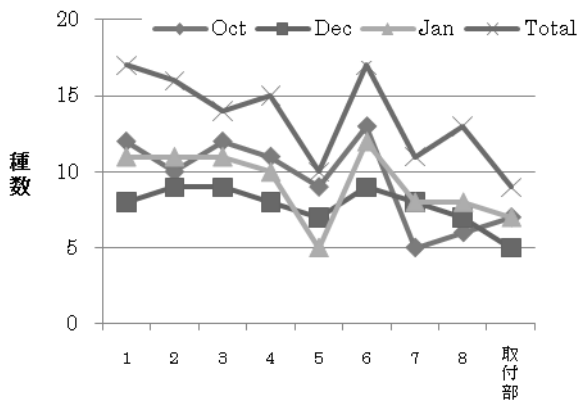


図-23 各区画の水深２ｍに出現した種数.

また，植物，付着動物および匍匐動物の優占種は，以下に述べるように，水深によって出現種が異なるという著しい帯状分布を示した．優占種の垂直分布を表-3，4，5，6に示す.

植物では，珪藻類，アオノリ属，シオグサ属，イギス科などが多く見られた（**表-2，3**）．珪藻類は１月の出現が著しく多く，特に水深 0～3mに優占していた．アオノリ属は1.0m以浅に多く出現し，いずれの調査時期でもみられた（**表-3**）．シオグサ属は水深2m以浅の各区画に出現し，各区画の生物量は多くないが，出現の頻度は高かった．イギス科は１月に出現し，1.0m以深の各区画にみられた．また，これらの植物に産み付けられた魚卵などは確認できなかった.

付着動物では，ヨーロッパフジツボ，ミネフジツボ，アメリカフジツボ，サンカクフジツボ，ムラサキイガイ，ナミマガシワガイ，シロボヤなどが多く見られた（**表-2，4**）．ヨーロッパフジツボは+0.5mから3.0m付近まで優占して出現し，アメリカフジツボは 1.0～3.0mの間に優占していた（**表-4**）．これらの生物量が減少する3.0m以深には，ミネフジツボが優占し，またサンカクフジツボも3.0m以深にて出現し，各区画の生物量は少ないが，出現の頻度は高かった．ムラサキイガイは 1.0m以深に出現し，2.5～6.0mに優占していた．ナミマガシワガイは1.5m以深に，シロボヤは1.0m以深に出現し，両種とも各区画の生物量は少ないものの，出現の頻度は高かった.

匍匐動物では，イシガニ，マヒトデ，マナマコなどの出現の頻度が高く（**表-2，5**），これらは 3.0m以深に多く出現した（**表-5**）．イシガニは10月に，マヒトデとマナマコは１月に多く見られた.

魚類では，クロダイ，アカオビシマハゼ，メバルが多く見られた（**表-2，6**）．クロダイは 10 月に多く，0～7.0mまで各水深に出現しており，特に区画５の水深0.5mや区画 3 の水深 1.5～2.5mでは，最も多く観察された．アカオビシマハゼは，いずれの時期にも最も優占して出現し，特に10月と12月が多く，0.5～7.0mまで各水深に出現していた．メバルは，個体数は少ないものの，各区画の水深1.0～7.0mに高い頻度で出現した.

表-3 トランセクト調査の出現種．優占した植物の分布水深．

rr:非常にまれ
r:まれ
+:普通
c:多い
cc:非常に多い

和名		珪藻綱			イギス科			アオノリ属			アオサ属			シオグサ属		
区画	調査月／水深	10	12	1	10	12	1	10	12	1	10	12	1	10	12	1
②	+0.5			c				c	c	rr						
③				+				c	+	+						
④				+				c	+	+						
⑤				c				r	r	r						
⑥				c				r	r	r						
⑧				c				r	r	r						
①	0			c				+	+	r						
②				cc						rr				rr	r	rr
③				cc				r	r	rr					rr	rr
④				cc				rr	rr	rr					rr	rr
⑤				c				rr	rr	rr						
⑥				cc				r	r	rr				rr	rr	
⑧				c				r	r	rr					rr	rr
取付部				c				r	r	r						
①	0.5			cc				r	r	rr					rr	rr
②				cc						rr				rr	r	rr
③				cc				r	r	rr					rr	rr
④				cc				rr	rr	rr					rr	rr
⑤				rr										rr	rr	
⑥				cc						rr				rr	rr	
⑦				cc				r	r	rr						
⑧				c				r	r	rr					rr	rr
取付部				c				r	r	r						
①	1			c			rr	rr	rr	rr				rr	rr	rr
②				c						rr			rr	rr	rr	rr
③				c										rr	rr	rr
④				rr										rr	rr	
⑤				cc										rr	rr	rr
⑥				cc						rr				rr	rr	
⑦				c			rr			rr		rr	rr		rr	
⑧				c									rr			
取付部				cc				r	r	rr					rr	rr
取付部				cc					rr	rr					rr	
①	1.5			r			rr									
②				+		rr	rr				rr	rr				rr
③				r			rr								rr	
④				rr										rr	rr	
⑤				cc										rr	rr	rr
⑤				c			rr									
⑥				cc						rr				rr	rr	
⑦				c			rr			rr		rr	rr		rr	
⑧				c									rr			
取付部				c												
①	2			r			rr									
①				r			rr									
②				+		rr	rr				rr	rr				rr
③				r			rr								rr	
③				rr			rr									
④				r			rr									
④				rr										rr	rr	
⑤				cc										rr	rr	rr
⑤				c			rr									
⑥				cc						rr				rr	rr	
⑥				cc						rr	rr	rr	rr	rr	rr	rr
⑥				+			rr									
⑥				r			rr									
⑦				c			rr			rr		rr	rr		rr	
⑦				r			rr									
⑧				c									rr			
⑧				r												
取付部				+												
①	2.5			r			rr									
②				r			rr									
③																
④				rr										rr	rr	
⑤				c			rr									
⑥				r			rr									
⑦				r		rr	rr									
⑧													rr			
取付部				+												
①	3			r			rr									
②				r			rr									
③																
④				rr										rr	rr	
④				rr												
④							rr									
⑤				c			rr									
⑤				r			rr									
⑥				r			rr									
⑦				r		rr	rr									
⑦				+		rr										
⑧													rr			
取付部				r			rr									

和名		珪藻綱			イギス科			アオノリ属			アオサ属			シオグサ属		
区画	調査月／水深	10	12	1	10	12	1	10	12	1	10	12	1	10	12	1
①	3.5			r			rr									
②							rr									
③																
④							rr									
⑤																
⑥				r			rr									
⑦				r			rr									
⑧													rr			
取付部				r			rr									
①	4			r			rr									
①																
②							rr									
③																
④																
⑤																
⑥				r			rr									
⑦				r			rr									
⑦				r			rr									
⑧																
取付部							rr									
①	4.5															
②							rr									
③																
④																
⑤																
⑥				r			rr									
⑦				r												
⑧																
取付部							rr									
①	5															
②							rr									
③																
④																
⑤																
⑥				r			rr									
⑦				r												
⑧																
取付部							rr									
①	5.5															
②							rr									
③																
④																
⑤																
⑥				r			rr									
⑦				r												
⑧																
取付部							rr									
①	6															
②							rr									
③																
④																
⑤																
⑥							rr									
⑦																
⑧																
取付部																
①	6.5						rr									
②							rr									
③																
④																
⑤																
⑥							rr									
⑦																
⑧																
取付部																
①	7						rr									
②							rr									
③																
④																
⑤																
⑥							rr									
⑦																
⑧																
取付部																

表-4 トランセクト調査の出現種．優占した付着動物の分布水深．

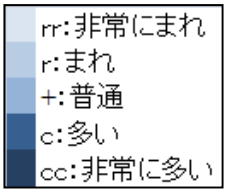
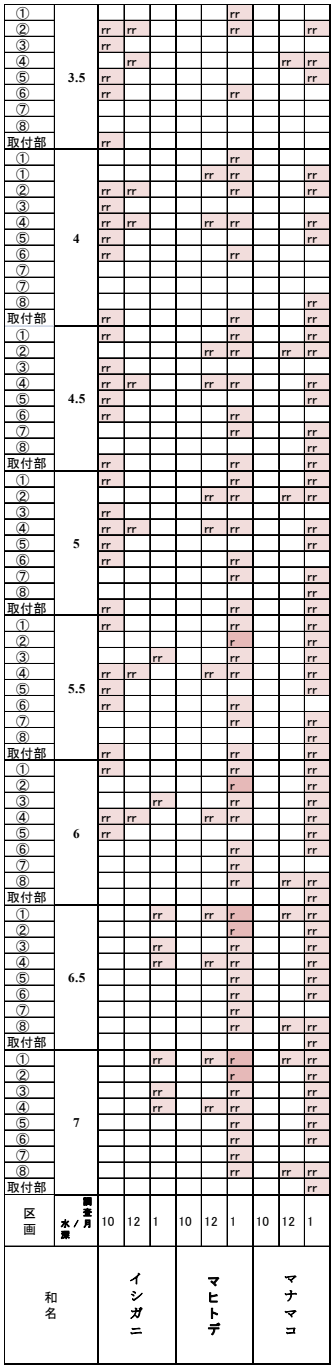


表-5 トランセクト調査の出現種．優占した匍匐動物．



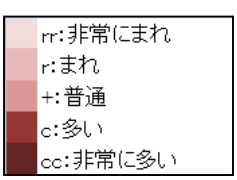
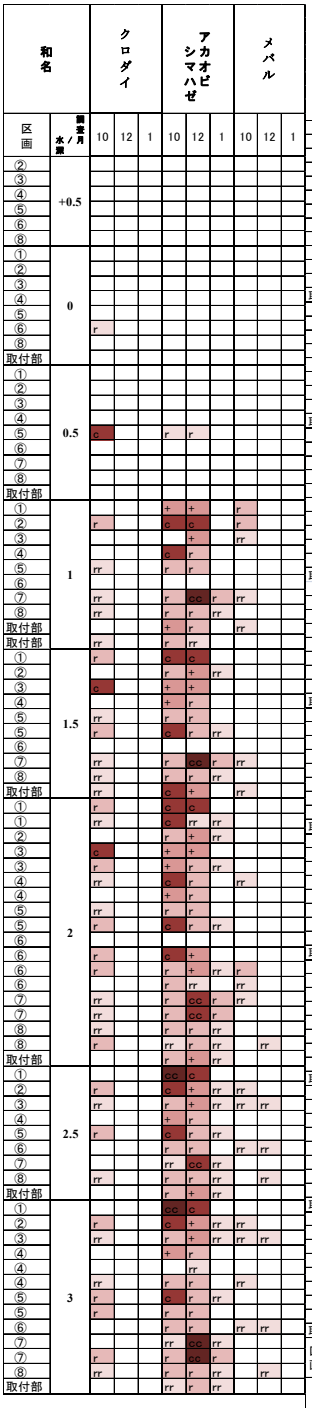
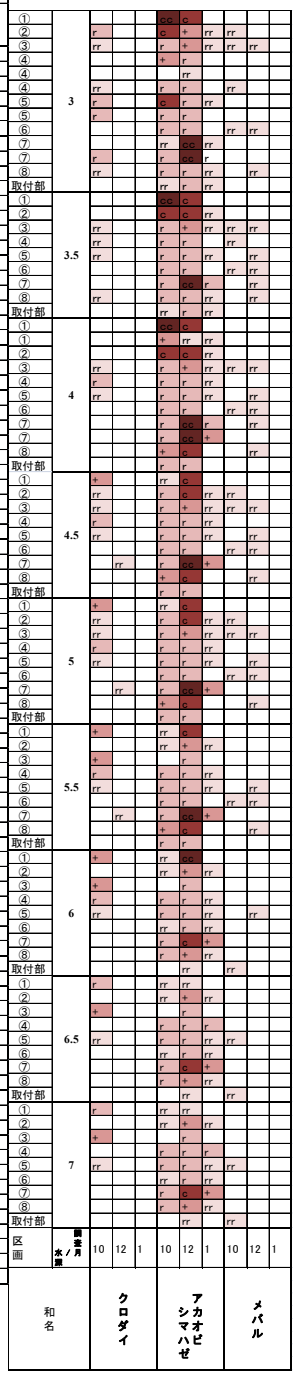
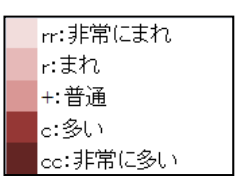


表-6 トランセクト調査の出現種．優占した魚類．







1～2個体
3～5個体
6～10個体
10～20個体
20個体以上

表-7　魚類調査．採集種と個体数．

	アカオビシマハゼ			アカカマス			ウマヅラハギ			ウミタナゴ			カタクチイワシ			クサフグ			クロソイ			シログチ			ハオコゼ			ハタハタ			マアジ			マイワシ			マダイ			メバル		
区画/調査月	10	12	3	10	12	3	10	12	3	10	12	3	10	12	3	10	12	3	10	12	3	10	12	3	10	12	3	10	12	3	10	12	3	10	12	3	10	12	3	10	12	3
区画①				1			1			2				2																	1	5			1		1						1
区画⑤				1							2					1													2	14	3					2			2		
区画⑦			1											7								1								1	3								8		
対照区				1										20						1		1			1				1		22	12				2			5	20	2

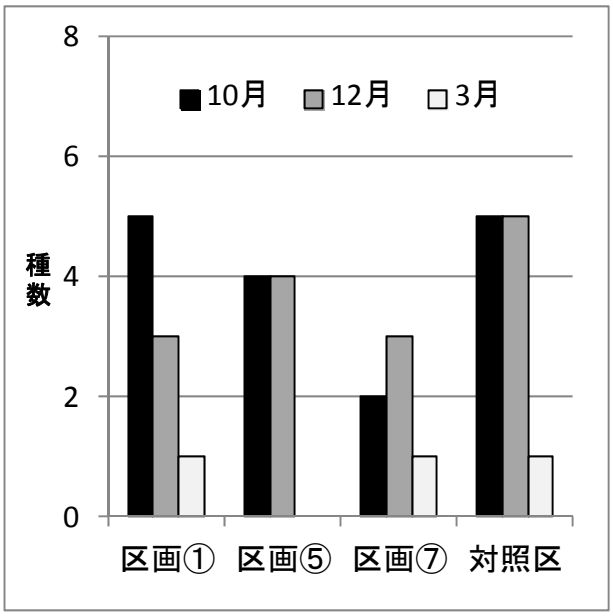


図-24　魚類調査．採集した種数．

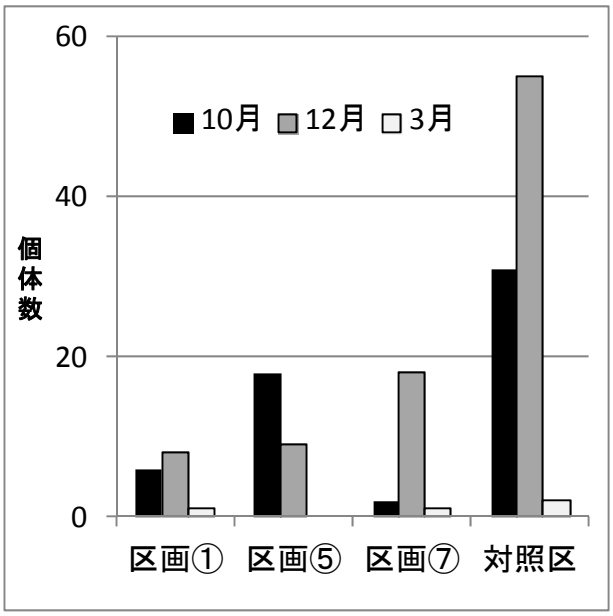


図-25　魚類調査．採集した個体数．

3.4.　魚類調査

採集された魚類は 14 種で，カタクチイワシ，マアジ，メバルなどが多かった（表-7）．カタクチイワシは 12 月，マアジは 10・12 月に多く，メバルはすべての調査時に採集された．種数は 10 月が最も多く，3 月が最も少なかった（図-24）．対照区とした外港では 10・12 月で 5 種が採集されたが，実験護岸において採集されたのは，同数もしくはより少ない種数であった．個体数に関しては，外港が多く，特に 12 月は 55 個体と最も多く（図-25），この時はカタクチイワシ，マアジ，メバルが多く採集された（表-7）．また，12 月には外港において 1 個体，実験護岸（区画⑤）において 2 個体のハタハタが採集された（表-7）．採集後にこれらは採集容器内において産卵していたことを確認した．

4. 考察

4.1.　初年度の大浜護岸の現状

大浜護岸の水質環境は，表層の塩分が低く，塩分成層が顕著であるという河口域の特性を有していた．護岸への淡水の影響は，水温，塩分の調査結果で示したように，流量の多い旧雄物川だけでなく，流量の少ない新城川からの影響も比較的強いと推測された．その河川水は，表層を低塩分化するだけでなく，秋から冬においては水温の低下をもたらしていた．

塩分 26 もしくは 20 以下の低塩分層については，水深 2～3mに顕在するのは多項目水質計の結果では 9 月と 1 月であったが，設置型水質計のモニタリングではほぼ毎月確認されていた．設置型水質計のモニタリング結果から，調査期間を通して相対頻度の割合をみると，水深 2.0mでは塩分 20 以下は約 12%，26 以下を含めると約 32%であった．また，3.0mでは，塩分 20 以下は約 2%，26 以下を含めると約 8%であった．

生物相については，大型藻類はほとんど出現しないものの，付着珪藻や低塩分に耐性のある藻類が出現し，アカオビシマハゼに代表される根魚，および物質循環に寄与するとされるムラサキイガイやマナマコなどが生息していることが分かった．生物共生型護岸が施工される前年には，施工前の護岸において両端と中心部の計 3 か所の水深 3m までの生物相が調査されている（国土交通省東北地方整備局他，2010）．本研究と同じ季節に該当する秋・冬のデータに着目すると，植物ではアオサ属やアオノリ属などの緑藻綱や，ウツロムカデ，カバノリ，オゴノリなどの紅藻綱を含む計 13 種が出現した．アオノリ属やカバノリの 10%が最も高い被度で，他の植物の被度は 5%未満であった．付着動物は 8 種出現し，アメリカフジツボ，タテジマフジツボ，ムラサキイガイ，マガキなどが優占しており，これらの多くは植物よりも高い被度であった．比較のため，本研究の結果から生物共生型護岸の区画①，④，⑧の 3 か所において水深 3mまでに出現した種を抽出してみると，植物は 11 種，付着生物は 15 種出現しており，先の施工前のデータと比較すると，植物は施工前の方がやや多く，付着生物は生物共生型護岸の方が多かった．また種組成では，施工前後にも同様に出現した藻類や付着動物が多くみられ，フジツボ類やムラサキイガイが優占するなどの生物群集の特徴も類似していた．このことから，施工後 1 年未満で施工前と同様の生物相となっていたと考えられる．関西空港の緩傾斜石積護岸では 10 年後に種数が 3 倍になった事例があること（尾崎ら，2000）などから，今後，大浜護岸においても時間を経ることによって種数が増加するような効果が表われる可能性はあると考えられる．本研究によって得られた初年度のデータを初期値として，種組成および群集構造が今後どのように変化していくのか，継続的なモニタリング調査を行った上で評価することが重要である．

藻類や付着生物が顕著な帯状分布を示す場合，乾燥，塩分，DO，光量などが影響すると考えられる．本実験護岸の場合，日本海側は干満の差が少ないことから 0.5m以深では乾燥が制限要因になるとは考えにくく，また本調査で DO 濃度 3mg/L 以下の貧酸素は確認されなかったことなどから推測すると，藻類には塩分と光量子の両方が，付着生物では塩分が制限要因となっていると考えられる．

大浜護岸において砂泥性藻場の代表種はアマモ，岩礁性藻場はアカモクなどを主としたガラモ場を想定している．アカモクはハタハタが好んで産卵基質とするホンダワラ科に属し，塩分耐性の下限が他の種よりも低い（須藤，1992）．塩分および相対光量子は，大型海藻・海草の成育要因として重要であるが，アマモの塩分耐性は下限が 20 程度，アカモクは 26.6 とされており（須藤，1992），相対光量子については，アマモは 30～50%程度が生育によいとされ（日本水産資源保護協会，1992），アカモクの分布範囲は 74～16%との報告がある（丸山ら，2001）．しかしながら，大浜護岸では，塩分は水深 0～2mでしばしば 20 以下となり，3m以深でも 26 以下になることがあった．また，光量子については，調査月により多少の上下はみられたが，おおむね水深 0～3mの間で 20%以下に減衰していた．このことから，大浜護岸は砂泥性藻場・岩礁性藻場の代表種の生育には厳しい条件下にあると考えられるが，これは初年度の調査結果であるため，今後，年ごとの環境変動が把握できる時間スケールのモニタリング調査が必要

であると考えられる.

4.2.　ハタハタの産卵場所としての維持管理

今回のモニタリング調査から，大浜護岸においては砂泥性の海草であるアマモやガラモ場性の大型藻類であるアカモクなどの成育条件に適した塩分および相対光量子が確保されておらず，こうした環境条件を改良し，ハタハタの産卵場となる砂泥性藻場・岩礁性藻場を造成するのは容易ではないことが推察された.

しかしながら，大浜護岸において，12 月にハタハタが採集され，それらが抱卵個体であることが確認された．このことは，大浜護岸においての産卵は行われていなかったものの，ハタハタが産卵場所を探して近隣まで回遊（接岸）していたことを示しており，ハタハタの産卵場所の創出という面から見ると，可能性があることを示している．このような条件下において，早期にハタハタの産卵場を創出する対策としては，ハタハタが人工の基質に産卵することを利用し（北原ら，2001；牧田ら，2008；丸山ら，2010），大型藻類を人工物で代替することで，産卵場としての機能を創出する方法が考えられる．そうした産卵場所の創出を行う場合には，対策の実施とともに，その後の維持，管理として，河川水の影響下でも卵の発生が進み，稚魚がふ化するまでを追跡し，個体数の増加に寄与していることを確認するための調査を実施するなど，事後のモニタリングによる効果の検証とそれに基づく対応策の修正など，順応的な管理を実施していくことが大切である.

5. おわりに

本稿では，秋田港大浜地区生物共生型護岸における初年度モニタリングの調査結果から，水温，塩分，DO，相対光量子の環境特性と生物相の現状を明らかにし，底生生物および魚類などの生息は確認できたことなどから，海洋生物の生息場所としての機能を十分発揮していることが示された.

また，併せて大浜護岸がハタハタの産卵場所として機能を発揮する可能性について考察し，砂泥性藻場・岩礁性藻場の造成によるハタハタの産卵場所の創出が容易ではないことが推察されたが，代替案として人工物による産卵場所の創出についての可能性を示し，そのための維持管理の必要性を指摘した.

本稿は，大浜護岸に対する個別の情報を取りまとめたものであるが，こうした知見の蓄積により，生物共生型港湾構造物の計画・設計，施工，維持・管理が効果的，効率的に進むことを期待している.

（2011 年 8 月 31 日受付）

謝辞

本研究の多項目水質計による調査は，東北地方整備局秋田港湾事務所の川村柳茂氏，桜井博孝氏，吉田勘一郎氏の御三方にご尽力いただきました．また東北地整整備局の菊池傑氏には，秋田港に関する資料のご提供をいただきました．心より感謝いたします.

参考文献

運輸省港湾局研究協議会（1995）：シーブルー技術の開発ワーキンググループ報告書，187ｐ.

尾崎正明・伊藤利加・奥田泰永・二宮早由子（2000）：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，海洋工学論文集，Vol.47，pp.1196-1200.

北原繁志・中山学之・伊藤卓也・永田晋一郎・村上俊哉・谷野賢二（2001）：人工産卵基質による魚類産卵場の開発　-ハタハタを事例として-，海洋開発論文集，Vol．17，pp.141-146.

国土交通省東北地方整備局・秋田港港湾事務所（2010）：秋田港大浜地区環境調査報告書，127pp.

須藤俊造（1992）：海藻・海草相とその環境条件との関連をより詰めて求める試み，海藻 40，pp．289-305.

(社)日本水産資源協会（1992）：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』，pp.38-47.

牧田佳巳・山本潤・渡辺光弘・酒向章哲・増田亨（2008）：北海道厚田沿岸におけるハタハタ産卵状況　～自然環境調和型沿岸構造物のための基礎調査～，4ｐ，日本水産工学会

丸山修治・竹田義則・永田晋一郎（2001）：魚類の産卵場としての沿岸構造物に関する一考察　～ ハタハタ産卵場の光と流れについて～, 海洋開発論文集, Vol. 17, pp. 147-151.

渡辺光弘・山本潤（2010）：雄冬漁港におけるハタハタの産卵状況について，寒地土木研究所月報第 689 号，pp. 17-22

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of ＮＩＬＩＭ

No. 648　　September 2011

編集・発行　©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写のお問い合わせは

〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1

管理調整部企画調整課　　電話:046-844-5019