

底質環境調査手法実用化調査(浦ノ内湾)

漁場環境科 森山貴光・荻田淑彦・石川 徹

1. 目 的

湾口が狭く、奥行き深い閉鎖性湾として知られる浦ノ内湾において水質、底質および底生生物の調査を行い、底質の総合的な評価手法を開発するための資料を得る。

2. 調査対象水域と調査点

高知県中央部に位置する浦ノ内湾内の5定点(図-1)。

3. 調査の種類、時期及び回数

1) 調査の種類

① 底質、底生生物及びSOD調査

② 水質調査

・溶存酸素量調査

・関連調査

2) 調査時期：平成11年6月～10月

3) 調査回数：表-1記載のとおり。

4) 調査内容

① 底質、底生生物及びSOD調査

・採泥方法：スミス・マッキンタイヤ型採泥器を使用。5定点のうちST.1、2、および3では底質分

析、ベントスおよびSOD測定用サンプル採取のため計4回、他の2定点では底質分析、ベントスサンプル採取のため計3回の採泥を行った。

・測定項目等：AVS、COD、IL、MC、泥温、底生動物、SOD

測定方法等：AVS、COD、IL、MCの分析方法ならびに底生生物の採取方法については平成10年度調査に準じた。またSODサンプルについては広島大学のサンプリングマニュアルに従い採取、送付した。

・試料数：

底質分析用 5 定点×2 試料×5 回=50検体

ベントス調査用 〃 50検体

SOD分析用 3 定点×3 試料×5 回=45検体

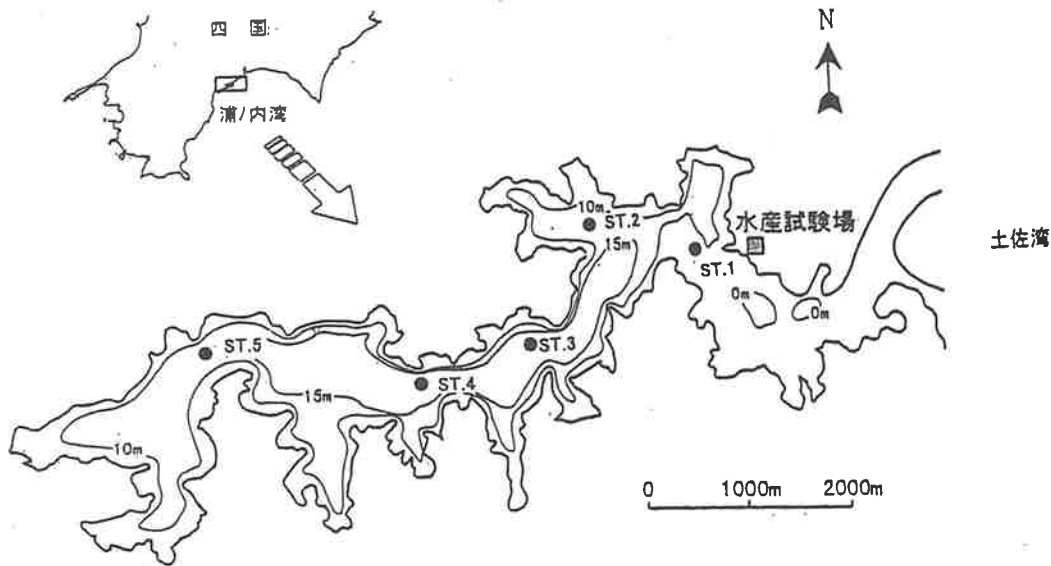
②水質調査

・溶存酸素量調査：5 定点においてYSI MODEL 57型溶存酸素計を用い2.5m間隔で溶存酸素量を測定した。また底層(B-1m)については北原式採水器で採水後、ウィンクラー変法(窒化ナトリウム法)により酸素量を求めた。

・関連項目調査：溶存酸素量調査に併せてEIL M. C. 5 型水温塩分計を用い2.5m間隔で水温、塩分を測定した。

表-1 調査の種類と回数

調査の種類\回数	6月	7月	8月	9月	10月	計	備 考
底質調査	1	1	1	1	1	5	底質分析、ベントス用サンプルおよびSOD用サンプル採取
溶存酸素量調査	3	3	3	4	2	15	測定は2.5m毎、B-1mはウィンクラー変法による
関連調査	3	3	3	4	2	15	水温、塩分 2.5m毎



図－1 調査海域と調査点

4. 平成11年度調査結果

1) 調査対象水域の概要

浦ノ内湾は土佐湾中央部に開口する奥行8.8km、最大幅2.2km、面積約10.3km²の陥没湾で、水深は湾中央部では20mを越えるが、湾口部では3～4mと浅いため、閉鎖的な水域となっており、夏期には強固な密度成層が発達することが知られている。

湾内外の海水交換は潮汐流に依存しているが、上記のとおり湾口が浅く、かつ狭いため、湾外水が直接流入する範囲は大潮時でも湾口側3分の1程度にすぎず、湾内水の2分の1が入れ替わるのに要する期間は、降水量の多いときで10日程度、降水量の少ない時期には20日から1ヶ月程度と見積もられている。

湾内水の成層化は通常、5月中旬に始まり、6月中旬には最深部の上下層間の温度差は6～7℃にも達する。7月には底層の水温上昇に伴い温度差は少なくなるが、表層の塩分低下により密度成層は9月上旬まで持続する。

このような湾内水の成層化に伴い、湾奥から湾中央部の広い範囲の底層において貧酸素化が進み、5月上旬には3mg/l以下に、6月下旬から8月中旬には1mg/l以下となるが、8月下旬に成層が緩み始めると湾口側から比較的短期間に解消することが

多い。しかしながら天候等の影響により突発的な上下混合が生じ、貧酸素水塊が上層へ押し上げられ漁業被害をもたらした事例もある。

湾内への陸上からの汚染負荷は少なく、大部分は給餌養殖（ブリ類、タイ類）による負荷と自家汚染された底泥からの溶出に伴う負荷で、底質の有機汚染は、過去に養殖漁場があった湾奥部と現在も養殖の行われている湾中央部で高く、潮汐流の影響を強く受ける湾口部の底質環境は比較的良好に保たれている。

一方、養殖の継続による湾内水の富栄養化に伴い、湾口部はアサリ、湾口部から湾中央部の潮間帯はカキの好漁場となっているが、湾奥部では赤潮発生や貧酸素化の影響もあり、刺し網、釣り漁業が小規模に行われているのみである。

2) 水質調査結果

① 水温

・表層：1999年6月4日から10月13日の間に実施した水質調査における表層水温の最高値は9月8日に湾口部のST.1において観測された29.7℃、最低値は7月28日に枝湾部のST.2において観測された23.0℃で、定点間の差は少なく、9月中旬に湾奥及び中央部の水温が湾口部の水温を0.5～1.0℃下回った程度であった。期間中の推移について見ると昇温

期にあたる6月から8月の間に、気温の低下によってもたらされたと考えられる低下が6月下旬及び7月下旬に認められ、特に7月下旬の低下は各定点で3～4℃にもおよぶ大幅なものであったが、その後は速やかに回復し、8月下旬から9月下旬までは28℃を越える値で推移し、9月中旬には26℃台に低下した。

・5 m層：最高値は表層と同じ9月8日に湾中央部ST.3及び4で観測された28.4℃、最低値は6月4日、ST.3及び湾奥部ST.5で観測された22.7℃で、定点間の差は表層に比べさらに少なく水平的な相違は認められなかった。しかしながら期間中の推移は表層とはかなり異なり、昇温期における低下は6月には認められず、8月上旬、表層に比べ約1週間遅れて1.5℃程度の低下が認められたのみで、その後は緩やかに昇温し、9月上旬から中旬には概ね28℃の高水温で推移したが、9月下旬には27℃程度に低下した。

・底層（B-1 m）：最高値は9月17日、枝湾部のST.2において観測された28.5℃、最低値は6月4日、湾中央部ST.4で観測された21.2℃で、湾口に近く水深の浅いST.1及び2に比べ、湾中央部の水深の深いST.3及び4の値が昇温期（6～8月）には低く、逆に降温期には高い傾向が認められた。また、各定点における推移は表層及び5 m層に比べさらに緩やかで、気温低下によってもたらされたと考えられる低下も8月上旬に僅かに認められるのみで、定点によって停滞が認められるものの9月中旬まで昇温が、以後は降温が認められた（図-2）。

② 塩分

・表層：最高値は6月15日、湾口部ST.1において観測された32.20‰、最低値は7月29日、湾奥部ST.5において観測された5.00‰で、全定点の平均値は期間中の多量の降雨のため21.17‰と同時期の平年値（27.63‰）に比べ約6‰も低い値であった。定点間の差について見ると外海水の流入によって海水交換が行われる浦ノ内湾の流況を反映し、湾口部で高く、湾奥部で低い傾向が認められ、湾口側に位置するST.1との濃度差（平均値）はST.2で0.37‰、

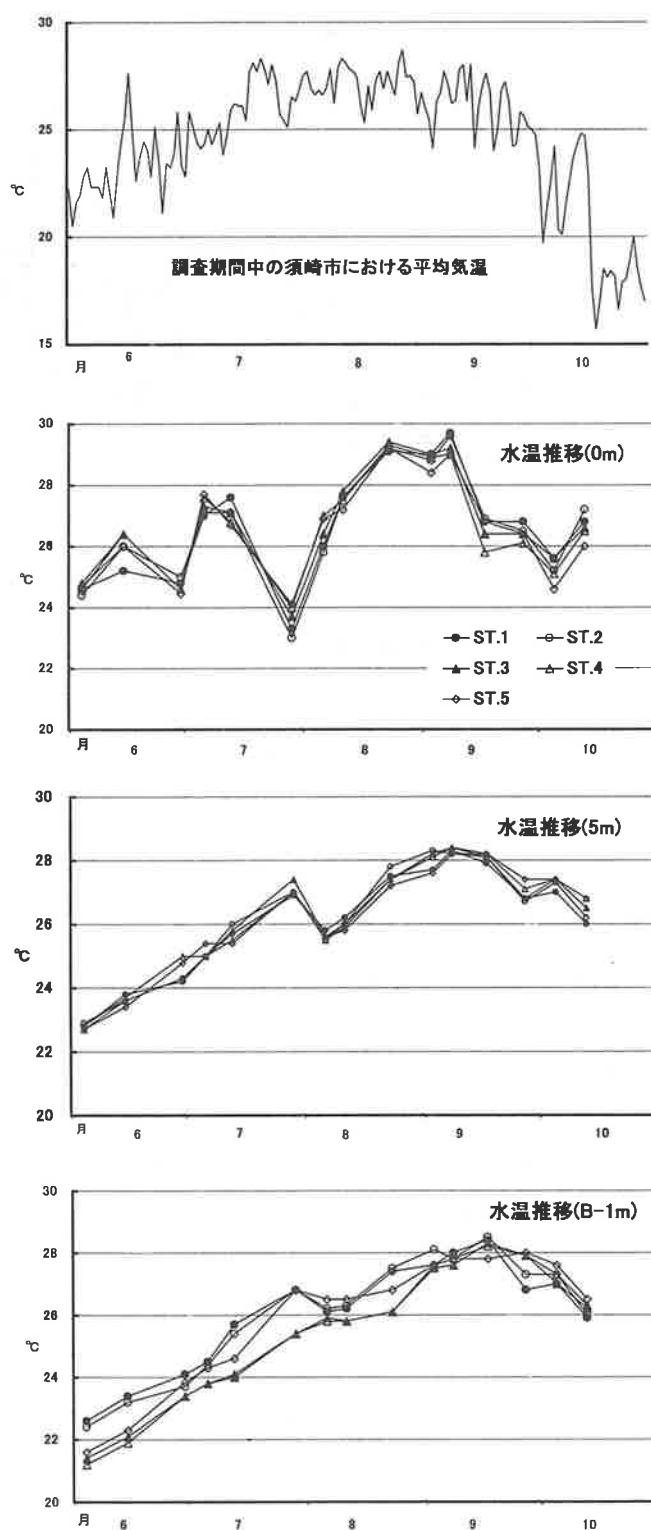


図-2 調査期間中の水温の推移と須崎市における気温

ST. 3で1.48%、ST. 4で2.35%、最も湾奥部に位置するST. 5では2.89%にも及び、湾奥部の低鹹な状況が認められた。期間中の推移について見ると300 mm（旬計値：以下同様）を越える降水量が観測された6月下旬、500mmを越える値の観測された7月下旬及び200mmを越える値の観測された9月下旬にはいずれも顕著な低下が各定点で認められ、特に7月下旬は中旬に比べ20～25%も低下し、ST. 5では5.00%、ST. 1においても10.00%の極めて低い値が観測された。

・5 m層：最高値は表層と同日の6月15日にST. 2で観測された33.18%、最低値は表層より1週間後の8月6日、同定点において観測された19.3%で、全定点の平均値28.49%は同時期の平年値（31.17%）に比べ約3%低い値であった。定点間の差について見ると、ST. 1との濃度差（平均値）はST. 2で0.21%、ST. 3で0.40%、ST. 4で0.64%、ST. 5では0.75%と値は少ないものの、表層同様、湾口部で高く、湾奥部で低い傾向が認められた。一方、期間中の推移については、表層において認められた降雨に伴う低下が同様に認められるものの、値は最大で10%程度と少なく、期間も短かったほか、9月下旬を除き低下が表層に比べ1週間程度遅れた。

・底層（B-1 m）：最高値は表層及び5 m層と同日の6月15日、ST. 1で観測された33.25%、最低値は9月27日、同点で観測された26.10%、全定点の平均値30.85%は同時期の平年値（31.90%）に比べ約1%低い値であった。定点間の差は表層及び5 m層とは異なり、湾口部に近く水深の浅いST. 1、2及び湾奥部の水深の浅いST. 5における値が湾中央部の水深の深いST. 3及び4に比べ低く、特に8月中下旬及び9月上旬には多量の降雨の影響と見られる3～5%におよぶ低下が認められた。期間中の推移について見ると、水深の深いST. 3及び4における変動は緩やかで、7月下旬の多量の降雨の影響は5 m層よりさらに1週間程度遅れた8月中旬に僅かに認められる程度であったが、水深の浅いST. 1、2では値は5%程度と少ないものの、5 m層と類似した変動が認められた（図-3）。

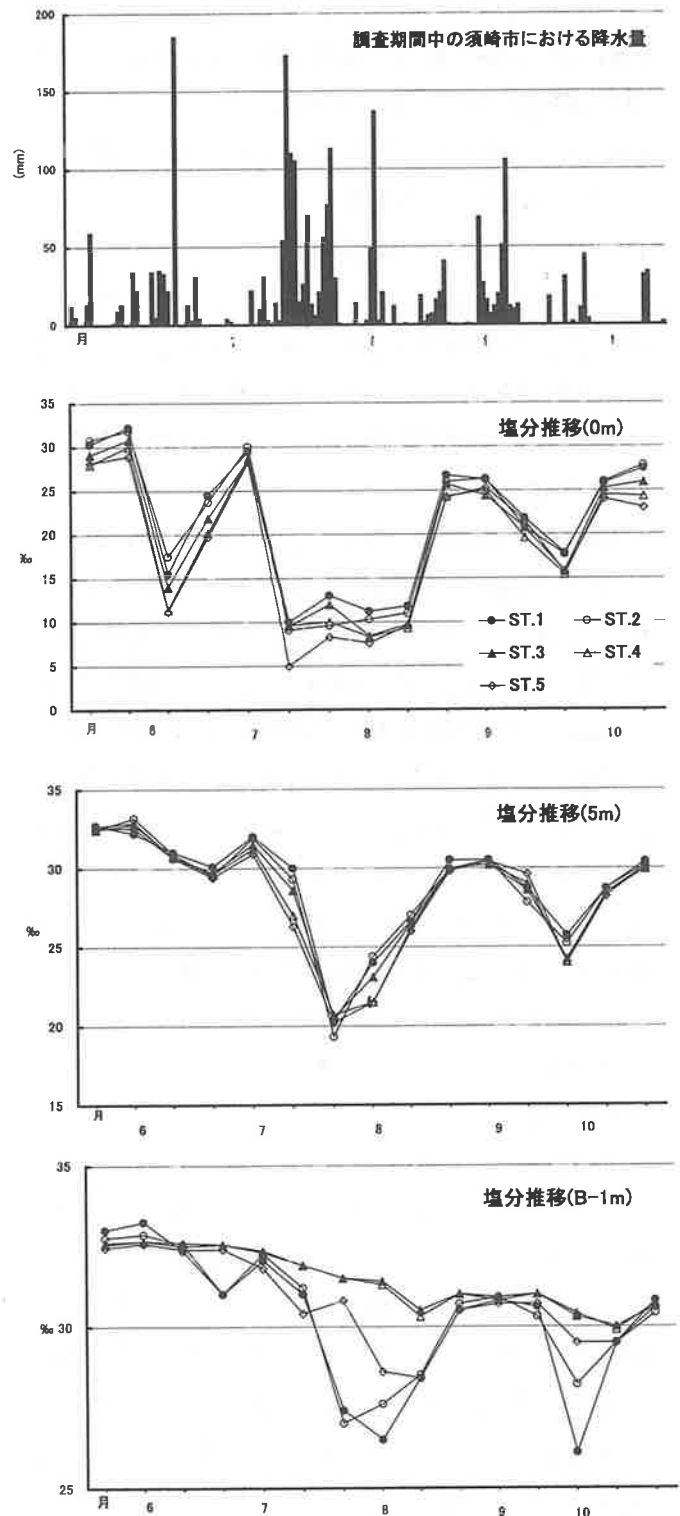


図-3 調査期間中の塩分の推移と須崎市における降水量

③ 溶存酸素量(DO)

・表層：最高値は9月27日に湾奥部ST.5において観測された11.90ppm、最低値は9月3日に湾中央部ST.3において観測された5.80ppm、全定点の平均値8.81ppmは平年値(6.76ppm)を約2ppm上回った。定点間の差について見ると、塩分とは逆にST.1との濃度差(平均値、以下同様)はST.2で0.06ppm、ST.3で0.33ppm、ST.4で0.50ppm、ST.5では0.76ppmといずれも高く、湾奥に向かい濃度が上昇する傾向が認められた。また、各定点における推移を見ると、いずれの定点においても降水量の多い期間に濃度は低下し、少ない期間に上昇する傾向が認められた。

・5m層：最高値は6月4日、湾奥部ST.5で観測された7.70ppm、最低値は同点で9月3日に観測された2.05ppm、全定点の平均値5.20ppmは表層同様、平年値(3.83ppm)を上回った。定点間の差について見ると、湾口部ST.1との濃度差(平均値)はST.2で0.03ppm、ST.3で0.32ppm、ST.4で0.62ppm、ST.5で1.12ppm、いずれも低く、表層とは逆に湾奥部に向かい濃度が低下する傾向が認められた。また、各定点における推移について見ると、表層で認められた降水量との関係は不明瞭で、湾中央部から湾奥部においては逆に降水量の多い時期に濃度が上昇する傾向が認められた(図-4-1)。

・底層(B-1m)：最高値は6月4日、ST.1において観測された6.02ppm、最低値は7月29日のST.3、8月6日のST.4及び8月23日のST.3、4で観測された0.00ppmで、全定点の平均値2.27ppmは5m層の50%を下回る低濃度であった。また、定点間の差について見ると、ST.1の濃度(平均3.95ppm)に比べ、ST.2では0.71ppm、ST.3では2.36ppm、ST.4では2.54ppm、ST.5では2.75ppm、いずれも低く、5m層同様、湾奥部に向かい濃度の低下する傾向が認められた。一方、各定点の推移について見ると、水深の浅いST.1及びST.2では表層同様、降水量の多い時期に濃度の低下が、降水量の少ない時期に上昇が認められるが、水深の深い湾中央部のST.3及び4における推移には降水

量との関係は認められず、8月下旬まで低下が続き、無酸素状況(0.00ppm)も観測された。以後、9月上旬には急激な上昇、中旬には急激な低下が認められたが、10月上旬には上昇し調査開始時の6月の値を大幅に上回る4ppm程度の値に回復した。9月に両点で認められたこれらの変動のうち、中旬の上昇は底層水温の上昇に伴う成層の緩みに多量の外海水の流入が及ぼした結果と、また、中旬に生じた低下は平年を3℃以上上回る期間中の気温によって一時的に成層化が進んだ結果と考えられる。このような変動は湾奥部のST.5においても認められたが海水交換率の少ない浦ノ内湾の流況を反映し、変動は湾中央部に比べ小幅なものであった(図-4-2)。

・貧酸素水塊の出現状況：湾口部のST.1、湾中央部のST.3及び湾奥部のST.5における貧酸素水塊の出現状況について見ると、ST.3では1ppmを下回る水塊は6月上旬に底層(B-1m)に出現し、以後急速に規模を拡大、7月中旬には水深15.0m、下旬には12.5mにまで発達、底層(B-1m)では無酸素状態も観測された。しかしながら9月上旬には既述の外海水の流入による成層の崩壊によって一挙に消滅した。その後、高気温の連続により湾内水は一時的に成層化し、これに伴い底層のDO濃度は急激に低下し、9月下旬には再び1ppmを下回る水塊が水深12.5mまで発達したが、気温の低下による成層の崩壊に伴い短期間で消滅した。湾奥部ST.5においてもほぼ同じ期間に1ppmを下回る水塊の出現が認められたが、出現水深は海底上1~2mの範囲にとどまり水深12.5m以浅への規模の拡大は認められなかった。また、湾口部のST.1ではST.3に対応したDO濃度の変動は認められるものの、1ppmを下回る水塊は8月上旬、底層に一時的に出現したのみであった(図-5)。

底質環境調査手法実用化調査（浦ノ内湾）

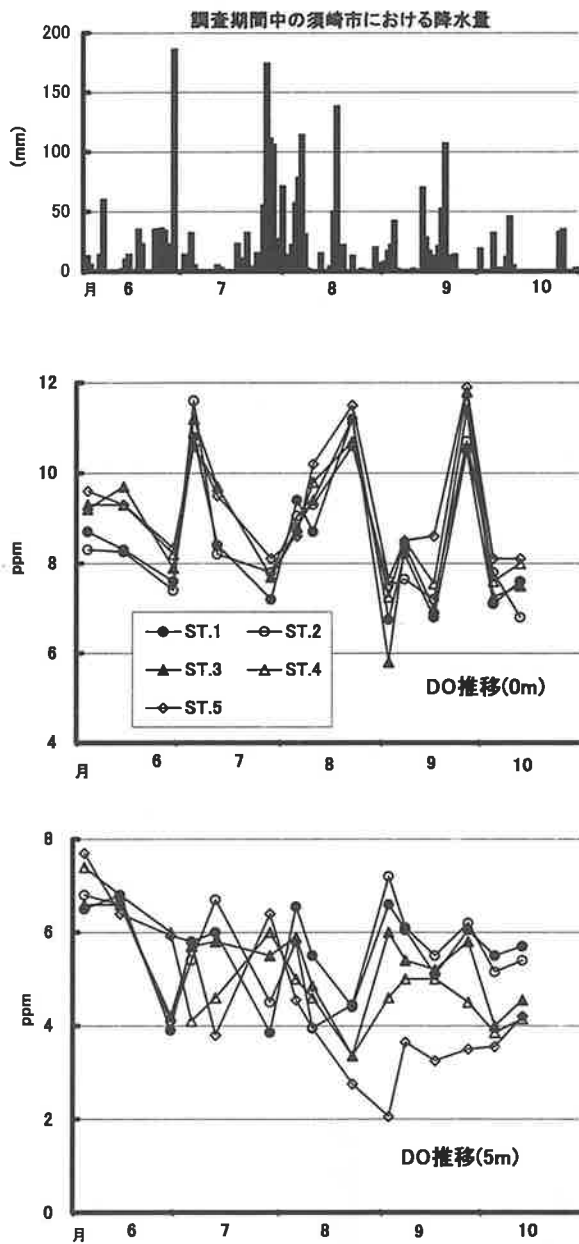


図-4-1 調査期間中のDO（表層及び5 m）の推移と須崎市における降水量

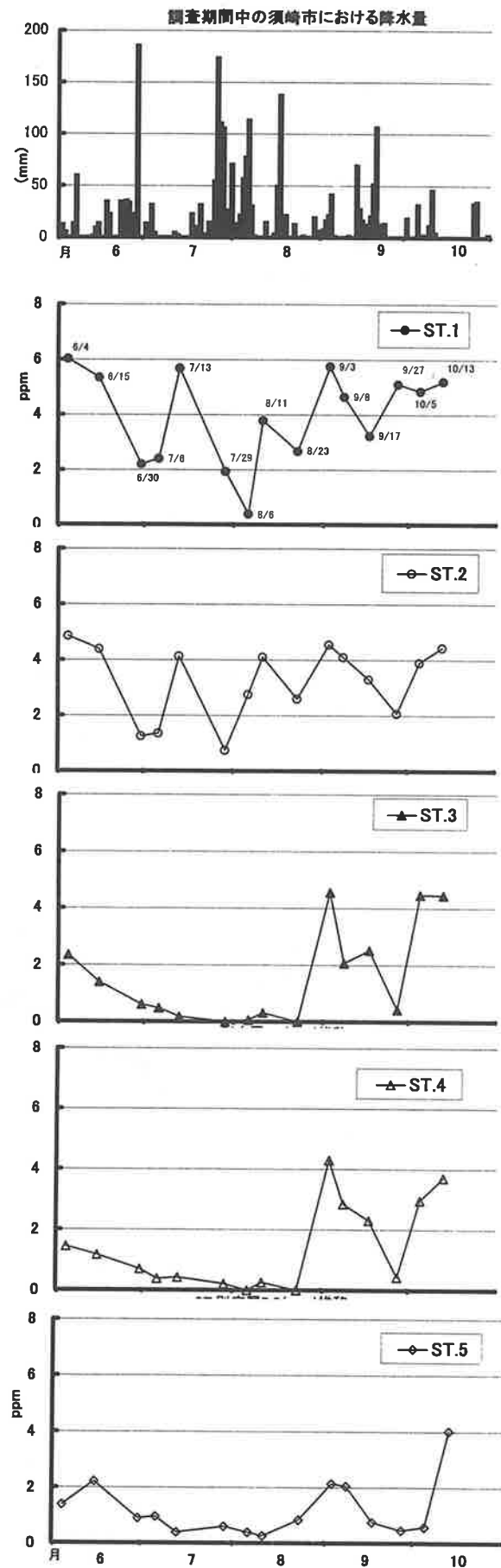


図-4-2 調査期間中のDO（底層B-1 m）濃度と須崎市における降水量

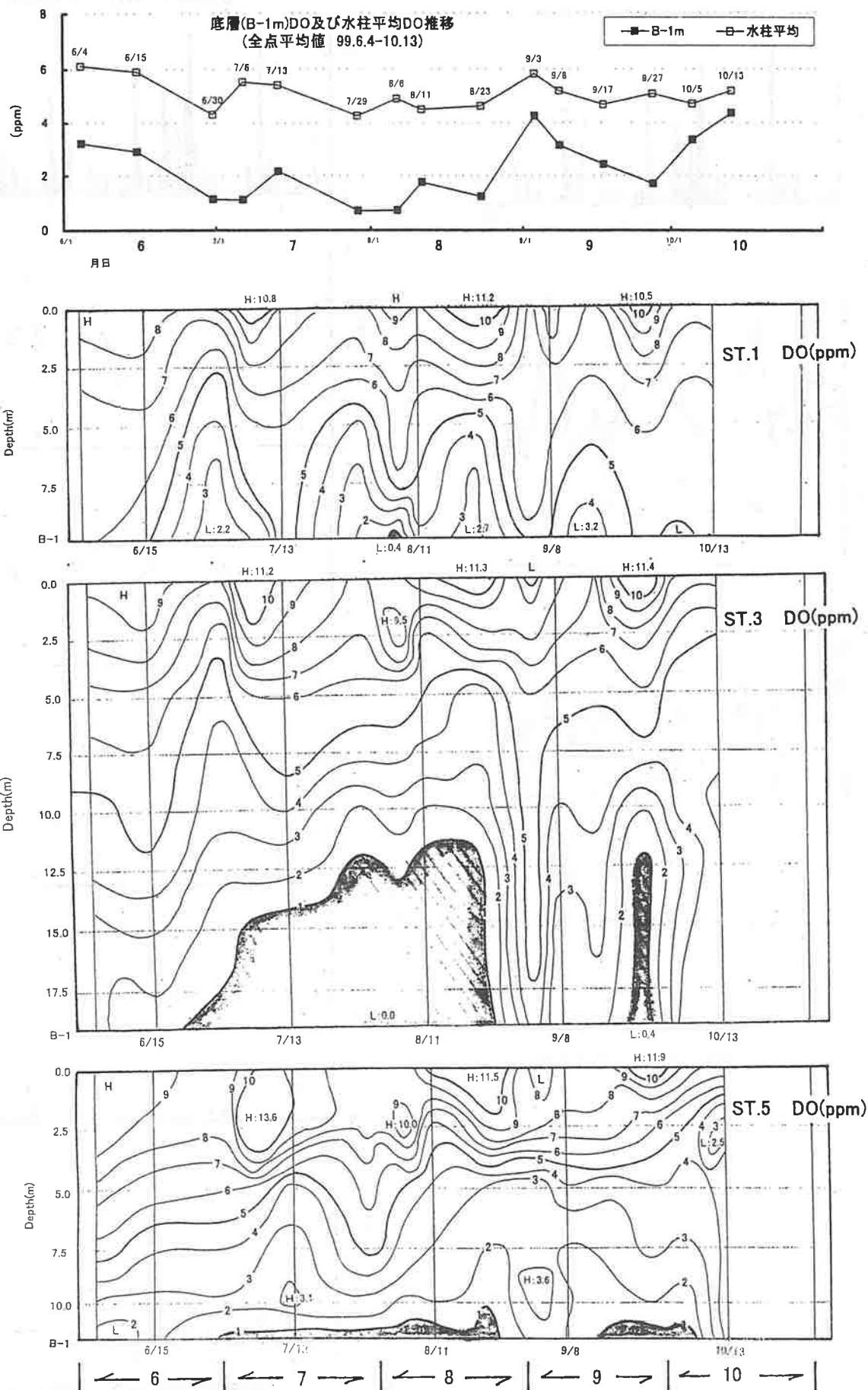


図-5 調査期間中の浦ノ内湾における貧酸素水塊の発生状況

3) 底質調査結果

6月15日から10月13日の間、5回実施した底質調査によって得られた各定点における底質項目の平均値と月別推移は以下のとおりであった（図-6、7）。

① 泥温

最高値は9月8日のST.1における27.6℃、最低値は6月15日のST.5における21.3℃で、定点別に見ると水深の最も浅いST.1の平均値が25.7℃と最も高く、同じく水深の浅い枝湾部のST.2が25.4℃とこれに続き、ST.3～5はいずれも24.9℃でST.1に比べ約1℃低かった。各定点の推移を見るとST.1及び2では6～7月調査時には他の定点に比べ1～2℃高い値が観測されたが8月調査時には、ほぼ同様の値となり、9月には各定点とも27℃台に上昇したが10月には26℃台に低下した。

② 底層DO

底層（B-1 m層）におけるDOの最高値は7月のST.1における5.51ppm（2サンプル平均値：以下同様）、最低値は同月、ST.3で観測された0.18ppmで、定点別に見るとST.1及び2の値は4～5ppmと、他定点に比べて高く、変動も少なかった。これに対し、ST.3、4、及び5では調査開始時の6月にはすでに1～2ppm台の低い濃度であったが以後さらに低下し、7～8月には1.0ppmを下回る著しく低い値も観測されたが9月には2ppm、10月には3～4ppmに上昇した。

③ AVS

最高値は8月11日のST.4における1.98mgS/gDM、最低値は6月15日のST.1における0.22mgS/gDMでいずれも水産用水の基準値を上回る値であった。値を定点別に見るとST.1の平均値が0.39mgS/gDMと最も少なくST.2（0.64mgS/gDM）がこれに続き、ST.3、4及び5の3点の値は1.6～1.8mgS/gDMの高い値であった。各定点における推移を見るとST.1は0.22～0.54mgS/gDM、ST.2では0.38～0.84mgS/gDMの比較的低い範囲で緩やかな増加の傾向が認められた。これに対しST.3及び4では8月まで急激に上昇しST.3では1.61mgS/gDM、ST.4では1.98mgS/gDMと6月調査時の約

2倍の値に達した後、横這いの状況で推移した。また、ST.5では6月以降9月まで上昇し6月調査時の約2倍（1.86mgS/gDM）に達した後、減少に転じた。

④ COD

最高値はAVSと同じ8月11日のST.4における39.13mgO₂/gDM、最低値は同日のST.1における14.75mgO₂/gDMで水産用水の基準値20mgを下回る値はST.1において認められるのみであった。値を定点別に見るとAVS同様ST.1の平均値17.13mgO₂/gDMが最も低く、ST.2（28.33mgO₂/gDM）がこれに続き、ST.3、4及び5の値はいずれも30mgO₂/gDMを超える高い値であった。これに対し、各定点における推移はAVSのそれと異なり、ST.1では6月から8月まで僅かに低下したが、以後は増加に転じ10月には基準値を越える20.72mgO₂/gDMとなった。また、ST.2では7月に31.06mgO₂/gDMまで増加した後、ほぼ同じ値が続き9月には一旦6月のレベルまで低下したが10月には再び増加し30mgO₂/gDMを越えた。AVSではほぼ同様の変動が認められたST.3及び4の2定点についても、ST.3では31.55～35.92mgO₂/gDMの範囲で緩やかな変動が認められたのに対し、ST.4では8月には最高値39.66mgO₂/gDMに達する急激な上昇が認められた後、約5mgO₂/gDMの低下が認められたが10月には再び上昇し39.13mgO₂/gDMの高い値となった。また、ST.5においても期間中30mgO₂/gDMを越える高い値が続き、10月には39.13mgO₂/gDMに達した。

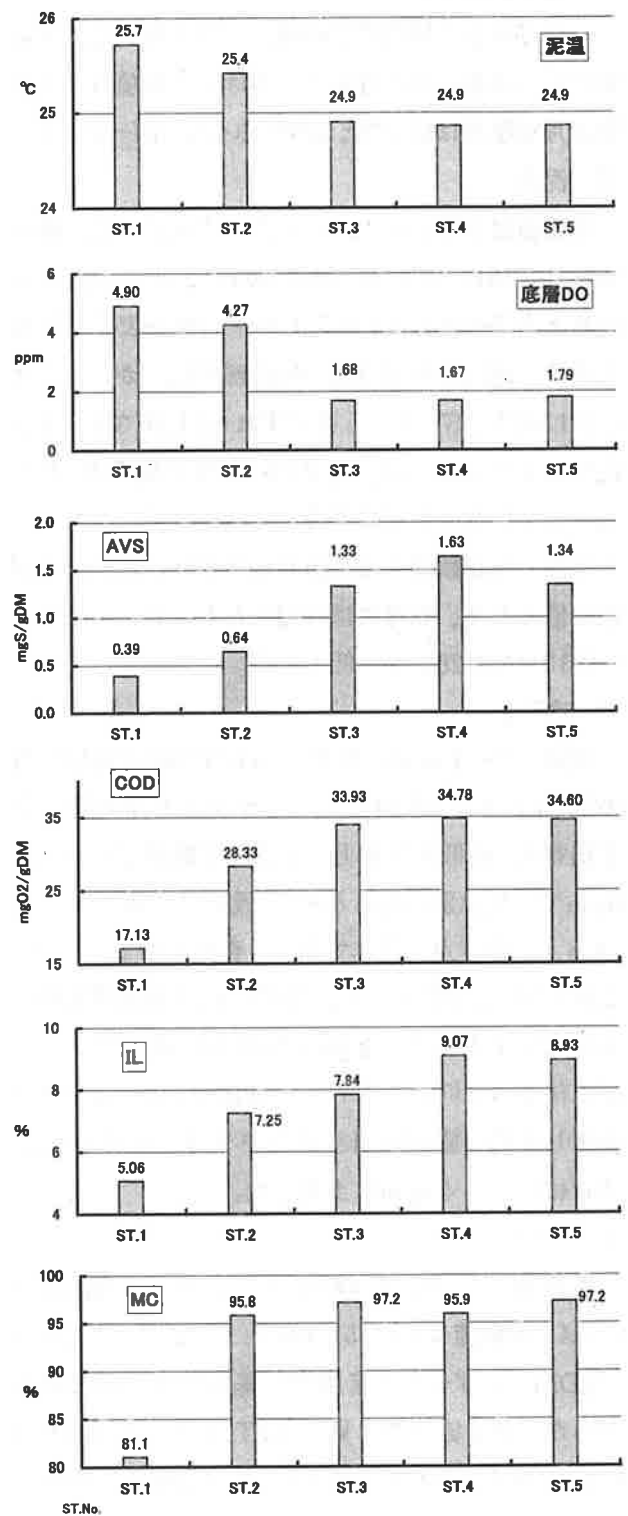
⑤ IL

最高値は6月15日のST.5における10.69%、最低値は8月11日のST.1における4.66%で、値を定点別に見るとST.1の平均値は5.06%、ST.2のそれは7.25%、ST.3が7.48%、ST.4が9.09%と最も高いが、ST.5もほぼST.4に近い8.93%の高い値で湾奥部に向かい値が増加する傾向が認められた。各定点における推移を見ると、ST.1では8月までの減少と以後の増加が認められるが変動は他定点に比べ極めて緩やかであった。これに対しST.2及び3では

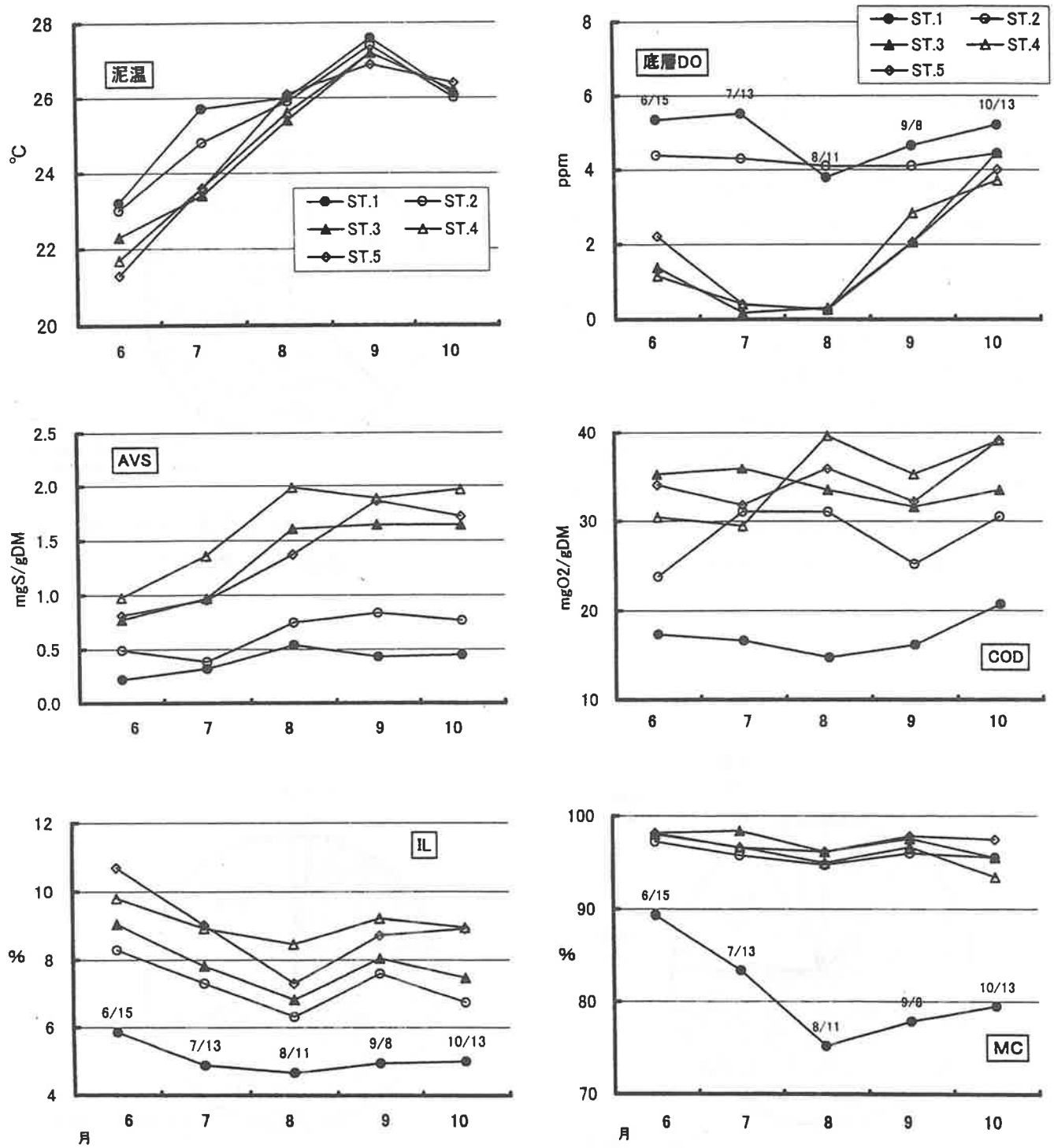
両点の平均値には0.6%程度の差があるものの、変動は極めて類似し、8月までの2.0%に近い急激な減少、9月における約1.0%の増加、10月の再度の減少が認められた。この変動はST. 4においても認められるが、値の増減は両点の約50%の緩やかなものであった。また、ST. 5においてはST. 2及び3に類似した増減が認められたが10月にはさらに値が0.2%程度増加した。

⑥ MC

最高値は7月13日のST. 3における98.4%、最低値は8月11日のST. 1における75.1%で、各定点の平均値はST. 1が81.1%、ST. 2が95.8%、ST. 3が97.2%、ST. 4が95.9%、ST. 5が97.2%で、水深が浅く、常時、潮汐流の影響を受けるST. 1で最も低い値が認められたが、枝湾部（ST. 2）及び湾中央から湾奥部での水平的な差は認められなかった。推移についてもST. 1が最も顕著な変動を示し、6月以降8月までに14.3%におよぶ急激な減少が認められたが、以後は緩やかに増加し10月には6月に比べ約10%低い79.5%となった。ST. 1におけるこの様な変動には潮汐流のほか採泥地点の底質の微細な相違の影響も考えられるが要因の把握には至らなかった。一方、ST. 1を除く各定点においては2.0~2.5%程度の僅かな変動が認められたが定点間の明瞭な類似性は認められなかった。



図一 6 定点別底質比較 (平均値)



図一 7 定点別底質推移 (99. 6. 15-10. 13)

4) 底生生物

① 動物門別組成

底質調査に併せて行った底生生物調査によって得られた6月から10月までの全サンプル(50サンプル)に出現したマクロベントスの総数は、6動物門、53種、2,426個体で、出現種類数を動物門別に見ると、環形動物が35種(66.0%)と最も多く、軟体動物(8種、15.1%)、節足動物(5種、9.4%)がこれに続き、刺胞、紐形及び触手の3動物門の合計値は5種(9.4%)と少なかった。また、出現個体数は環形動物が1,521個体と最も多く、軟体動物(815個体)がこれに続き、両者で総数の96.3%を占めた。これに対し湿重量は軟体動物が18.95gと個体数の多い環形動物の値(8.86g)の2倍以上の値を占めたが、その他の動物門の値は極めて少なく、軟体、環形両動物門で全体の98.2%を占めた(図8-1～8-3、表3)。

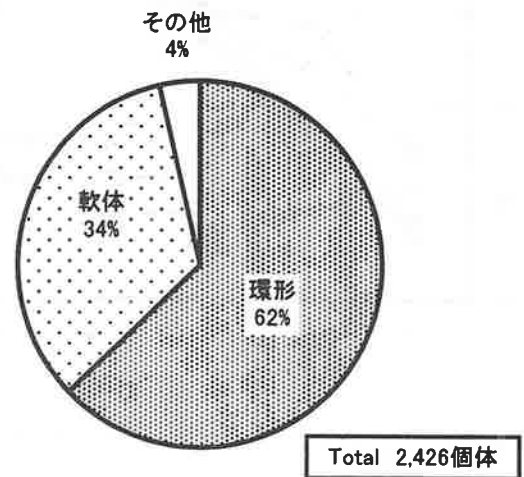


図8-2 浦ノ内湾マクロベントス調査
動物門別出現個体数

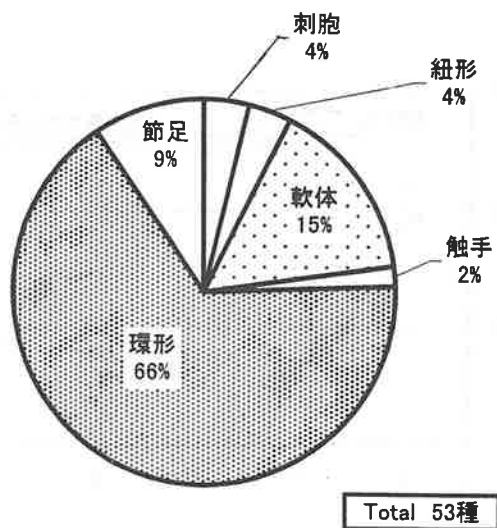


図8-1 浦ノ内湾マクロベントス調査
動物門別出現種類数

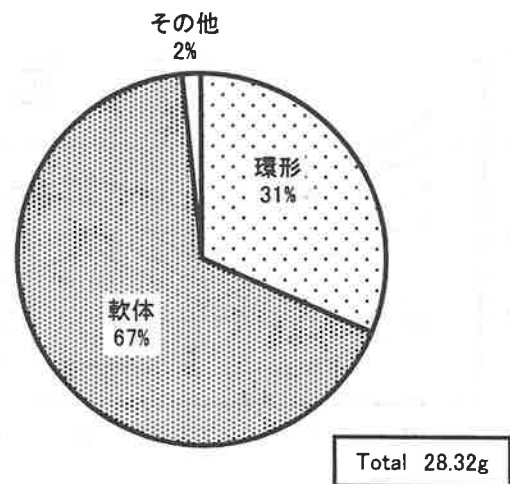


図8-3 浦ノ内湾マクロベントス調査
動物門別湿重量

② 定点別出現状況

これ等のマクロベントスの出現状況を定点別に見ると、種類数の平均値（5回調査の平均値）はST. 2の14種が最も多く、ST. 1（13種）がこれに続き、以下ST. 3、4、5と湾奥に向かい減少し、ST. 5の値（2種）はST. 2の14%程度に止まった。個体数の平均値も種類数に準じ、ST. 2の128個体が最も多く、ST. 1（124種）がこれに続き、以下ST. 3、4、5と湾奥に向かい減少し、ST. 5の値（45個体）はST. 2の35%程度であった。これに対し湿重量の平均値はST. 2の値が2.30 gと最も多かったが、ST. 3（1.52 g）がこれに続き、湾口部に近いST. 1の値（0.65 g）は湾奥部ST. 5の値（0.80 g）も下回った（図-9）。

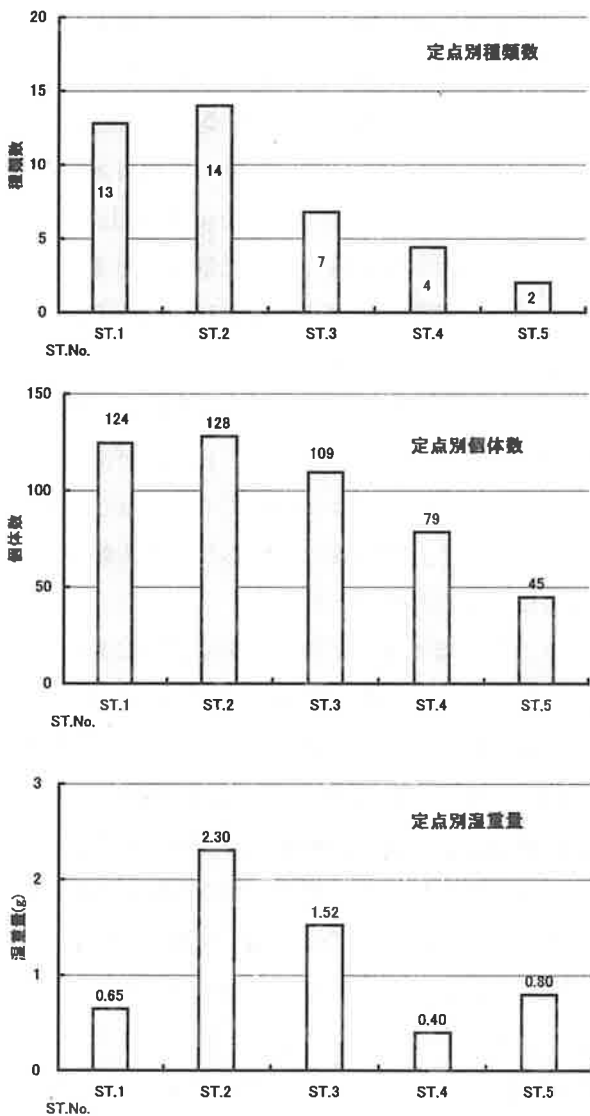


図9 浦ノ内湾マクロベントス調査
ST. 別出現状況（平均値）

出現状況の推移を定点別にみると、種類数はST. 1及び2では7月まで20種を超える値が続いた後、急減し、8、9月には6月の値の25%以下となったが、10月には50%を上回る値まで回復した。これに対しST. 3及び4では7月に6月の20~25%程度まで急減した後、さらに減少を続け、8月には両定点とも底生生物が認められない状態となった。その後は僅かながら増加したが、上記2定点に認められた急激な回復は認められず、6月の値の6~13%の低い値で推移した。また、ST. 5では6月に5種、7月に4種が認められるのみで、以後はさらに減少し、9月に1種が認められた他は底生生物の認められない状態が続いた（図10-1）。

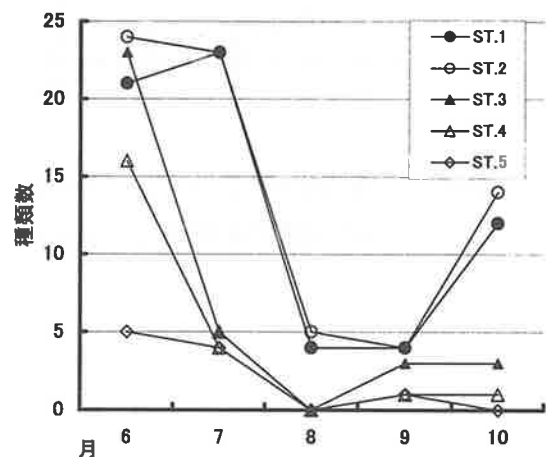


図10-1 浦ノ内湾マクロベントス調査
ST. 別種類数推移（/0.1㎡）

一方、個体数の推移について見るとST. 1及び2では7月まで僅かな増加が認められたが8月には急減し、9月まで7月の20%以下の値が続いた。10月には増加に転じたが種類数の推移に認められたような急激な回復は認められなかった。これに対しST. 3、4及び5における推移は種類数の推移によく対応し、ST. 3、4では7月の急激な減少と8月の底生生物なしの状態、9月以降の僅かな増加が、またST. 5では6月の低い値と7月の緩やかな減少、8、10月における底生生物なしの状態が認められた（図-10-2）。

また、湿重量の推移については0.01 g 以下のものを0.00 g として処理したことにもよるが、6月に高い値が観察されたST. 2 (6.57 g) 及びST. 3 (7.22 g) を含め、各定点とも7月以降減少を続け、8月以降はST. 1 (0.43 g) を除き極めて低い値で推移した(図-10-3)。

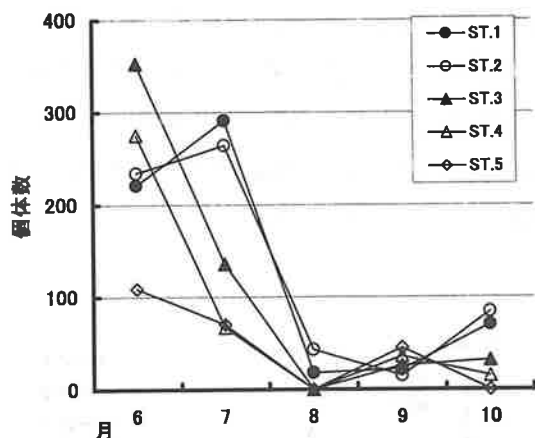


図10-2 浦ノ内湾マクロベントス調査
ST. 別個体数推移 (／0.1m²)

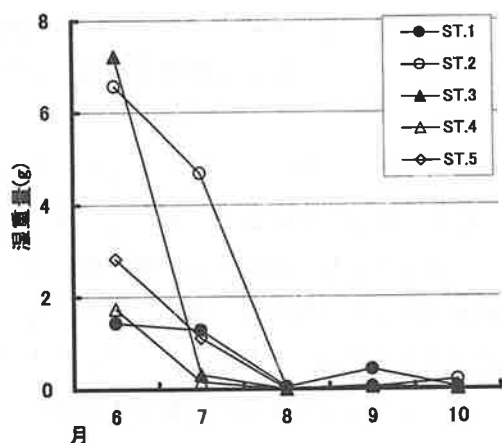


図10-3 浦ノ内湾マクロベントス調査
ST. 湿重量推移 (／0.1m²)

③ 種類別出現状況

月1回、湾内の5定点で採泥したサンプル中のマクロベントスの調査回次毎の出現状況は以下のとおりであった。

6月調査：5定点の出現種類数の合計値は43種、個体数のそれは1,192個体で、個体数の最も多かったものは、二枚貝類の汚染指標種であるシズクガイ (*Theora fragilis*) の376個体で総個体数の31.5%を占め、同じく2枚貝類のホトトギスガイ (*Musculista senhousia*) が231個体 (19.4%) でこれに続き、両者で総出現個体数の50.9%を占めた。これ等2種に続き、イトエラスピオ (*Prionospio pulchra*)、汚染指標種である *Paraprionospio* sp. Form A等、多毛類が上位10種までを占めた。これに対し湿重量の最も多かったものは二枚貝類のホトトギスガイ (*Musculista senhousia*) で総重量の55.9%を占めた。多毛類の汚染指標種である *Paraprionospio* sp. Form A及び二枚貝類の汚染指標種であるシズクガイ (*Theora fragilis*) がこれに続き、両汚染指標種の合計重量は総重量の27.7%を占めた。湿重量における優占10種のうち、これ等3種に続くものとしてはノラリウロコムシ科の1種 (*Sthenolepis* sp.) を含めた5種の多毛類、二枚貝類のチゴトリガイ (*Fulvia hungerfordi*) 及び腹足類のクロスジムシロガイ (*Reticunassa fratercula*) で、個体数に認められた多毛類の著しい優占は認められなかった。

また、汚染指標種の出現状況を定点別に見ると、ST. 1 及び2では二枚貝類のシズクガイ (*Theora fragilis*) がそれぞれ総個体数の19.0%及び24.4%を占めたが、多毛類の汚染指標種である *Paraprionospio* sp. Form Aは認められなかった。これに対しST. 3 及び4では両種の出現が認められ、シズクガイ (*Theora fragilis*) の割合はST. 3 で35.7%、ST. 4 では54.9%、*Paraprionospio* sp. Form AのそれはST. 3 で1.4%、ST. 4 では1.8%と湾奥に向かいその割合は増した。また、最も湾奥部に位置するST. 5 ではシズクガイ (*Theora fragilis*) は認められず、*Paraprionospio* sp.

Form Aのみが認められ、その割合は57.8%に達した。

7月調査：出現種類数の合計値は32種、個体数のそれは828個体で、個体数の最も多かったものは多毛類のイトエラスピオ（*Prionospio pulchra*）の262個体で、総個体数の31.6%を占めた。二枚貝類のシズクガイ（*Theora fragilis*）の116個体（14.0%）、多毛類のタケフシゴカイ科の1種（*Euclymeninae* sp.）の71個体（8.6%）がこれに続き、優占10種の構成は*Paraprionospio* sp. Form Aを含む多毛類7種、二枚貝類2種、甲殻類1種であった。これに対し湿重量の最も多かったものは6月同様、二枚貝類のホトトギスガイ（*Musculista senhousia*）で総重量の52.0%を占めた。多毛類の*Paraprionospio* sp. Form A及びタケフシゴカイ科の1種（*Euclymeninae* sp.）がこれに続き、優占10種の構成は多毛類7種、二枚貝類3種であった。

このうち汚染指標種の出現状況を定点別に見ると、ST.1ではシズクガイ（*Theora fragilis*）が総個体数の16.2%を占めたが、*Paraprionospio* sp. Form Aは認められなかった。これに対しST.2では両種が認められ、シズクガイ（*Theora fragilis*）はST.1を上回る26.1%を占めたが、*Paraprionospio* sp. Form Aは0.4%の僅かな割合であった。ST.3、4及び5ではいずれも*Paraprionospio* sp. Form Aのみが出現し、その割合はST.3で2.9%、ST.4で9.0%、ST.5では45.7%と湾奥に向かい急激に増加した。

8月調査：底質環境の悪化に伴い、ベントスの分布が認められた定点はST.1及び2の2点のみに止まり、出現種類数の合計値は僅かに6種、個体数のそれは61個体と、7月調査時に比べ大幅に減少した。このうち個体数の最も多かったものは多毛類のイトエラスピオ（*Prionospio pulchra*）の22個体で総個体数の36.1%を占めた。*Paraprionospio* sp. Form Aの22個体（19.7%）、ギボシイソメ科の1種（*Lumbrineris logifolia*）の10個体（16.4%）がこれに続き、6種類中、5種類を多毛類が占めた。湿重量については多毛類のギボシイソメ科の1種

（*Lumbrineris logifolia*）が最も多く総重量の57.1%を占め、次いで同じく多毛類のカギゴカイ科の1種（*Sigambra tentaculata*）及び*Paraprionospio* sp. Form Aがそれぞれ14.3%を占めこれに続いた。汚染指標種の出現状況についてみると、多毛類の*Paraprionospio* sp. Form Aがベントスの分布が認められたST.1及び2の両定点で、それぞれ33.3%及び14.0%の割合で認められた。

9月調査：8月調査に比べ、ベントスはいずれの定点にも僅かではあるが分布が認められ、出現種類数の合計値は8種、個体数のそれは144個体とやや回復した。このうち個体数の最も多かったものは多毛類の*Paraprionospio* sp. Form Aの105個で総個体数の72.9%を占めた。多毛類のギボシイソメ科の1種（*Lumbrineris logifolia*）及び二枚貝類のシズクガイ（*Theora fragilis*）がこれに続くが、割合は7～8%と*Paraprionospio* sp. Form Aの1/10程度に過ぎず、その他の多毛類（2種）、箒虫類（1種）甲殻類（1種）、花虫類（1種）の出現割合はさらに低かった。これに対し湿重量はST.1で例外的に1個体出現したオニテッポウエビ（*Alpheus distiguendus*）の割合が最も高く、総重量の44.6%を占めた。これに続き多毛類の*Paraprionospio* sp. Form Aが26.2%、二枚貝類のシズクガイ（*Theora fragilis*）と多毛類のギボシイソメ科の1種（*Lumbrineris logifolia*）がそれぞれ13.8%を占めたが、その他の多毛類（2種）及び花虫類（1種）、箒虫類（1種）の割合は極めて低かった。汚染指標種の出現状況を見ると、ST.1ではシズクガイ（*Theora fragilis*）が個体数の36.4%を占めたが、*Paraprionospio* sp. Form Aは認められなかった。これに対しST.2では両種が出現したが、その割合はそれぞれ13.8%と低かった。ST.3、4及び5ではシズクガイ（*Theora fragilis*）は認められず、*Paraprionospio* sp. Form Aのみが出現し、その割合はST.3では84.6%、ST.4及びST.5では100%に達した。

10月調査：出現種類の合計値は18種、個体数のそれは201個体と9月に比べさらに増加し、期間中のベ

ントス相の回復が窺われたが、一方、湾奥部では再びベントスの認められない状態も出現した。出現個体数の最も多かったものは多毛類のスピオ科の1種 (*Pseudopolydora* sp.) の49個体で総個体数の24.4%を占め、同じく多毛類の *Paraprionospio* sp. Form A 及びイトエラスピオ (*Prionospio pulchra*) がこれに続き、3種の合計割合は67.7%を占めた。また、二枚貝類のシズクガイ (*Theora fragilis*) はホウキムシ科の1種 (*Phoronis* sp.) の9.0%、多毛類のフタエラスピオ (*Prionospiosexoculata*) 及びアシビキツバサゴカイ (*Spiochaetopterus costarum*) の各4.5%に続き3.0%を占め、優占10種の構成はこれ等5種類を含む多毛類8種とその他の種類2種で、6月同様、多毛類の優占が認められた。湿重量も多毛類の *Paraprionospio* sp. Form A が最も多く総重量の46.4%を占めたが、二枚貝類のシズクガイ (*Theora fragilis*)、多毛類のスピオ科の1種 (*Pseudopolydora* sp.)、アシビキツバサゴカイ (*Spiochaetopterus costarum*)、ホウキムシ科の1種 (*Phoronis* sp.) がこれに続き、優占10種の構成は個体数と異なり多毛類6種、その他計4種であった。

汚染指標種の定点別出現状況について見ると、ST.1 及び2ではシズクガイ (*Theora fragilis*) 及び *Paraprionospio* sp. Form A の両種が出現したが、総個体数に占める割合は前者がST.1 では2.9%、ST.2 では13.1%、後者がST.1 では1.4%、ST.2 では4.8%とST.2 の割合がST.1 の割合を遙かに凌いだ。これに対しST.3、4では *Paraprionospio* sp. Form A のみが出現し、ST.3 での出現割合は56.3%、ST.4 のそれは100%に達した。また、ST.5 では8月同様、ベントスの全く認められない状態が観察された。

④ 多様度指数 (H')

これ等のマクロベントス調査によって得られた各定点における多様度指数 (H') の最高値は7月調査時のST.1 における3.36、最低値は9月調査時のST.4、5 及び10月調査時のST.4 における0.00であっ

たが、記述のとおり8月調査時のST.3、4、5 並びに10月調査時のST.5 においては底生生物の全く認められない状態が出現した。これ等を比較のため0.00として各定点の推移をみると、ST.1 及び2では6月から7月にかけて0.2~0.6程度値が上昇し3.0を越えたが8月には急激に低下し2.0を下回った。以後、9月にも僅かながら低下が認められたが10月には急激に上昇し、6月調査時の値に近づいた。

これに対し、ST.3 及び4では値は7月以降、急激に低下し、8月には両定点とも底生生物の認められない状態となった。以後ST.3 では値は徐々に上昇し、10月には6月の値の40%を越える1.15となったが、より湾奥部に位置するST.4 では値は上昇することなく、10月には再び底生生物の認められない状態となった。最も湾奥部のST.5 では湾口部のST.1 の値の約50%にあたる1.5程度の値が6月及び7月に認められたのみで、以後は9月を除き底生生物の認められない状態が続いた (図-11)。

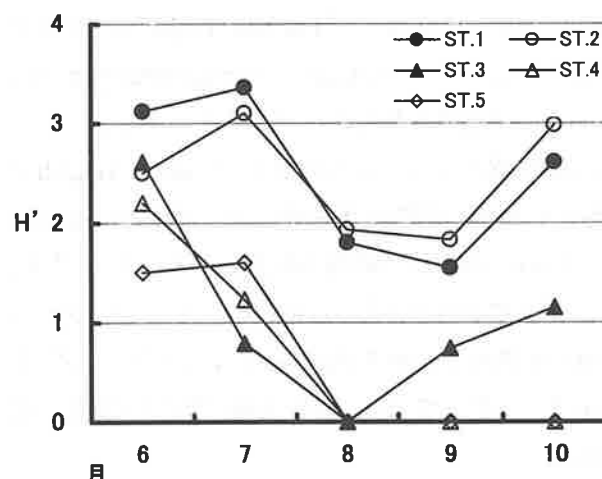


図11 各定点における多様度指数 (H') の推移

5) 底質測定項目間の相関

本年度の底質調査によって得られたIL、COD、AVS、MC及び底層DOの5項目に底生生物調査によって得られた多様度指数 (H')、個体数、湿重量の3項目を加えた8項目の相互の相関を見た結果、底質5項目間にはいずれも高い水準の相関が認められたほか、底生生物調査結果のうち多様度指数 (H') がこれら5項目が高い水準で相関する結果が得られた (表-2)。

表一 2 浦ノ内湾底質調査によって得られた測定項目間の相互関係数

('99.6.15-10.13)				N=50												
	IL		COD		AVS		MC		DO		H' 1)		個体数		湿重量	
IL																
COD	0.731	**														
AVS	0.539	**	0.745	**												
MC	0.805	**	0.778	**	0.488	**										
DO	-0.553	**	-0.584	**	-0.495	**	-0.523	**								
H'	-0.393	**	-0.619	**	-0.887	**	-0.317	*	0.537	**						
個体数	0.048			-0.203			-0.557	**	0.077			0.144			0.701	**
湿重量	0.235			-0.050			-0.427	**	0.207			0.060			0.494	**
													0.753	**		

*:1%水準で有意

*:5%水準で有意

1):底生生物の認められない状態については、比較のためH'=0として処理した

（参考文献）

- 1) 水産庁(1979): 漁場改良復旧基礎調査報告書 (須崎湾、野見湾、浦ノ内湾)、pp.13-19.
- 2) 野村和行(1975): 宿毛湾におけるハマチ養殖漁場の環境構造とその変動傾向について、昭和50年度高知県水産試験場事業報告書、pp.126~148.
- 3) 日本水産資源保護協会(1997): 平成8年度漁場富栄養化対策事業 底質環境評価手法実用化調査報告書、pp.156~157.
- 4) 日本水産資源保護協会(1998): 平成9年度漁場富栄養化対策事業 底質環境評価手法実用化調査報告書、pp.171~173.
- 5) 日本水産資源保護協会(1999): 平成10年度漁場富栄養化対策事業 底質環境評価手法実用化調査報告書、pp.155~178.

付 表

平成11年度浦ノ内湾調査結果－ 1 ～－ 5

平成11年度浦ノ内湾マクロベントス調査結果

平成 11 年度底質環境評価手法実用化調査(浦ノ内湾)結果-1

回次 1		調査日:1999.6.15								
St.	水深 m	底層DO ppm	泥温 °C	AVS mgS/g 乾泥	COD mgO ₂ /g 乾泥	IL %	MC %	多様度指数 ヒット	個体数 /0.05m ²	湿重量 g/0.05m ²
1	8.6	5.34		0.23	18.89	5.62	89.9	2.99	116	0.83
		5.35		0.21	15.78	6.08	88.8	3.01	105	0.80
		(平均) 5.35	23.2	0.22	17.34	5.85	89.4	3.00	111	0.72
2	9.5	4.37		0.49	22.99	8.12	97.2	2.15	129	4.17
		4.41		0.49	24.67	8.46	97.3	2.65	105	2.40
		(平均) 4.39	23.0	0.49	23.83	8.29	97.3	2.40	117	3.29
3	17.0	1.30		0.80	31.42	9.30	98.3	2.24	143	3.91
		1.48		0.75	39.07	8.80	98.0	2.71	210	3.31
		(平均) 1.39	22.3	0.77	35.25	9.05	98.2	2.48	177	3.61
4	18.5	1.38		0.89	29.40	9.30	98.3	2.05	119	0.81
		0.94		1.07	31.47	10.29	97.8	2.16	156	0.93
		(平均) 1.16	21.7	0.98	30.44	9.79	98.0	2.11	138	0.87
5	12.5	2.22		0.90	34.20	10.74	98.7	1.36	53	1.42
		2.20		0.73	33.88	10.64	98.6	1.60	58	1.40
		(平均) 2.21	21.3	0.81	34.04	10.69	98.1	1.48	55	1.41
平均	13.2	2.9	22.3	0.66	28.18	8.74	96.3	2.29	119	1.98
標準偏差		1.8		0.29	7.37	1.76	3.7	0.55	46	1.37
最低値		0.9		0.21	15.78	5.62	88.8	1.36	53	0.80
最高値		5.4		1.07	39.07	10.74	98.7	3.01	210	4.17

統計値は各調査点の生データを使用して計算

平成 11 年度底質環境評価手法実用化調査(浦ノ内湾)結果-2

回次 2		調査日:1999.7.13								
St.	水深 m	底層DO ppm	泥温 °C	AVS mgS/g 乾泥	COD mgO ₂ /g 乾泥	IL %	MC %	多様度指数 ヒット	個体数 /0.05m ²	湿重量 g/0.05m ²
1	9.1	5.53		0.33	17.24	4.86	82.4	3.36	116	0.60
		5.49		0.31	16.05	4.89	84.5	3.12	175	0.68
		(平均) 5.51	25.7	0.32	16.65	4.87	83.4	3.24	146	0.64
2	9.5	4.31		0.39	30.50	7.27	95.7	3.22	112	1.82
		4.29		0.38	31.62	7.32	95.8	2.75	152	2.86
		(平均) 4.30	24.8	0.38	31.06	7.30	95.8	2.99	132	2.34
3	16.5	0.19		0.97	34.85	7.85	98.4	0.89	26	0.14
		0.16		0.97	37.00	7.77	98.5	0.65	110	0.17
		(平均) 0.18	23.4	0.97	35.92	7.81	98.4	0.77	68	0.16
4	17.5	0.38		1.30	28.98	8.93	96.9	1.35	43	0.11
		0.42		1.42	29.94	8.91	96.3	0.74	24	0.05
		(平均) 0.40	23.6	1.36	29.46	8.92	96.6	1.05	34	0.08
5	12.5	0.39		0.98	31.75	8.97	96.7	1.71	28	0.49
		0.41		0.92	31.81	9.08	96.4	1.47	42	0.62
		(平均) 0.40	23.6	0.95	31.78	9.02	96.6	1.59	35	0.56
平均	13.0	2.16	24.2	0.80	28.97	7.59	94.2	1.93	83	0.75
標準偏差		2.40		0.41	6.91	1.59	5.8	1.08	57	0.90
最低値		0.16		0.31	16.10	4.86	82.4	0.65	24	0.05
最高値		5.53		1.42	37.00	9.08	98.5	3.36	175	2.86

統計値は各調査点の生データを使用して計算

平成 11 年度底質環境評価手法実用化調査(浦ノ内湾)結果-3

回次 3			調査日:1999.8.11							
St.	水深 m	底層DO ppm	泥温 °C	AVS mgS/g 乾泥	COD mgO2/g乾 泥	IL %	MC %	多様度指 数 ビット	個体数 /0.05m ²	湿重量 g/0.05m ²
1	9.2	3.51		0.53	14.80	4.43	77.9	1.91	8	0.03
		4.07		0.55	14.70	4.90	72.4	1.52	10	0.02
		(平均)	3.79	26.0	0.54	14.75	4.66	75.1	1.72	9
2	9.7	4.06		0.74	30.48	6.57	95.0	2.00	25	0.02
		4.14		0.75	31.56	6.05	94.4	1.62	18	0.00
		(平均)	4.10	25.9	0.75	31.02	6.31	94.7	1.81	22
3	17.0	0.34		1.62	33.43	6.86	95.1	—	0	0
		0.28		1.59	33.52	6.77	97.2	—	0	0
		(平均)	0.31	25.4	1.61	33.48	6.81	96.2	—	0
4	18.0	0.29		1.93	39.90	8.44	94.3	—	0	0
		0.23		2.04	39.41	8.48	95.6	—	0	0
		(平均)	0.26	25.6	1.98	39.66	8.46	94.9	—	0
5	12.5	0.20		1.28	36.15	7.40	95.3	—	0	0
		0.32		1.47	35.65	7.21	96.9	—	0	0
		(平均)	0.26	26.1	1.37	35.90	7.30	96.1	—	0
平均	13.0	1.74	25.8	1.25	30.96	6.71	91.4	1.76	6	0.01
標準偏差		1.90	0.3	0.57	9.06	1.33	8.7	0.23	9	0.01
最低値		0.20	25.4	0.53	14.70	4.43	72.4	1.52	0	0
最高値		4.14	26.1	2.04	39.90	8.48	97.2	2.00	25	0.03

統計値は各調査点の生データを使用して計算

平成 11 年度底質環境評価手法実用化調査(浦ノ内湾)結果-4

回次		調査日:1999.9.8								
St.	水深 m	底層DO ppm	泥温 °C	AVS mgS/g 乾泥	COD mgO2/g乾 泥	IL %	MC %	多様度指 数 ビット	個体数 /0.05㎡	湿重量 g/0.05㎡
1	9.2	4.68		0.44	15.76	5.17	79.3	2.64	26	0.01
		4.81		0.42	16.58	4.72	76.4	2.02	44	0.03
	(平均)	4.65	27.6	0.43	16.17	4.95	77.9	2.33	35	0.02
2	9.7	4.33		0.83	23.96	7.65	95.9	2.60	24	0.08
		3.86		0.85	26.50	7.53	96.1	2.85	60	0.12
	(平均)	4.10	27.4	0.84	25.23	7.59	96.0	2.73	42	0.10
3	16.5	2.07		1.67	29.82	8.14	96.8	1.00	17	0.02
		2.04		1.62	33.27	7.95	98.3	1.16	15	0.01
	(平均)	2.06	27.2	1.64	31.55	8.04	97.6	1.08	16	0.02
4	18.0	2.80		1.88	35.99	9.28	96.5	0	1	0.00
		2.88		1.89	34.49	9.16	96.8	0	14	0.01
	(平均)	2.84	27.2	1.89	35.24	9.22	96.6	0	8	0.01
5	12.0	2.07		1.86	32.55	8.63	97.9	—	0	0
		2.02		1.86	31.76	8.82	97.8	—	0	0
	(平均)	2.05	26.9	1.86	32.15	8.72	97.8	—	0	0
平均	13.1	3.14	27.3	1.33	28.07	7.70	93.2	0.84	14	0.07
標準偏差		1.13		0.62	7.23	1.57	8.1	0.73	11	0.09
最低値		2.02		0.42	15.76	4.72	76.4	0.00	0	0
最高値		4.68		1.89	35.99	9.28	98.3	1.84	36	0.30

統計値は各調査点の生データを使用して計算

平成 11 年度底質環境評価手法実用化調査(浦ノ内湾)結果-5

回次 5

調査日:1999.10.13

St.	水深 m	底層DO ppm	泥温 °C	AVS mgS/g 乾泥	COD mgO2/g 乾泥	IL %	MC %	多様度指 数 ヒット	個体数 /0.05ml	湿重量 g/0.05ml
1	10.0	5.26		0.43	19.72	5.00	78.6	2.64	26	0.01
		5.16		0.47	21.72	4.99	80.4	2.02	44	0.03
		(平均)	5.21	26.1	0.45	20.72	4.99	79.5	2.33	35
2	10.5	4.44		0.74	29.64	6.66	95.0	2.60	24	0.08
		4.44		0.79	31.34	6.83	96.1	2.85	60	0.12
		(平均)	4.44	26.0	0.77	30.49	6.74	95.5	2.73	42
3	17.5	4.42		1.66	31.54	7.46	96.6	1.00	17	0.02
		4.49		1.63	35.39	7.48	94.4	1.16	15	0.01
		(平均)	4.45	26.2	1.64	33.46	7.47	95.5	1.08	16
4	19.0	3.77		1.95	38.33	8.96	92.2	0	1	0.00
		3.66		1.99	39.93	8.95	94.7	0	14	0.01
		(平均)	3.71	26.2	1.97	39.13	8.95	93.4	0	8
5	13.0	4.01		1.67	38.33	8.85	98.3	—	0	0
		4.01		1.77	39.93	8.97	96.7	—	0	0
		(平均)	4.01	26.4	1.72	39.13	8.91	97.5	—	0
平均	14.0	4.37	26.2	1.31	32.59	7.41	92.3	1.53	20	0.03
標準偏差		0.53		0.62	7.28	1.56	6.9	1.16	20	0.04
最低値		3.66		0.43	19.72	4.99	78.6	0.00	0	0
最高値		5.26		1.99	39.93	8.97	98.3	2.85	60	0.12

統計値は各調査点の生データを使用して計算

浦ノ内湾マクロベントス調査結果

6月15日

動物門\調査点	ST.1			ST.2			ST.3			ST.4			ST.5			合計		
動物門	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量
刺胞	1	1	0.03	1	2	0.01	1	3	0.01	1	2	0.01				2	8	0.06
紐形							1	4	0.02							1	4	0.02
軟体	2	43	0.09	6	176	5.89	4	246	7.01	2	152	1.32				8	617	14.31
触手	1	3	0	1	2	0	1	2	0.00							1	7	0.00
環形	15	171	1.24	14	52	0.67	16	98	0.18	13	121	0.41	5	109	2.82	28	551	5.32
節足	2	3	0.07	2	2	0.00										3	5	0.07
種類数計	21			24			23			16			5			43		
個体数計	221			234			353			275			109			1,192		
湿重量計	1.43			6.57			7.22			1.74			2.82			19.78		
bit(H')	3.12			2.50			2.61			2.20			1.50			—		

7月13日

動物門\調査点	ST.1			ST.2			ST.3			ST.4			ST.5			合計		
動物門	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量
刺胞				1	1	0.01										1	1	0.01
紐形				2	5	0.01										2	5	0.01
軟体	2	48	0.09	3	133	4.42										4	181	4.51
環形	20	238	1.18	16	108	0.22	5	136	0.31	4	67	0.16	4	70	1.11	24	619	2.98
節足	1	5	0.01	1	17	0.02										1	22	0.03
種類数計	23			23			5			4			4			32		
個体数計	291			264			136			67			70			828		
湿重量計	1.28			4.68			0.31			0.16			1.11			7.54		
bit(H')	3.36			3.10			0.79			1.23			1.60			—		

8月11日

動物門\調査点	ST.1			ST.2			ST.3			ST.4			ST.5			合計		
動物門	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量
触手				1	8	0.00										1	8	0.00
環形	4	18	0.05	4	35	0.02										5	53	0.07
種類数計	4			5												6		
個体数計	18			43												61		
湿重量計	0.05			0.02												0.07		
bit(H')	1.80			1.93												—		

9月8日

動物門\調査点	ST.1			ST.2			ST.3			ST.4			ST.5			合計		
動物門	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量
刺胞							1	1	0.01							1	1	0.01
軟体	1	8	0.05	1	2	0.04										1	10	0.09
触手				1	6	0.00										1	6	0.00
環形	2	12	0.09	2	7	0.01	2	25	0.04	1	36	0.07	1	45	0.05	4	125	0.26
節足	1	2	0.29													1	2	0.29
種類数計	4			4			3			1			1			8		
個体数計	22			15			26			36			45			144		
湿重量計	0.43			0.05			0.05			0.07			0.05			0.65		
bit(H')	1.55			1.83			0.74			0.00			0.00			—		

10月13日

動物門\調査点	ST.1			ST.2			ST.3			ST.4			ST.5			合計		
動物門	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量
刺胞							1	1	0.00							1	1	0.00
紐形				1	1	0.00										1	1	0.00
軟体	2	3	0.00	1	4	0.04										2	7	0.04
触手				1	18	0.01										1	18	0.01
環形	10	67	0.04	10	60	0.15	2	31	0.03	1	15	0.01				12	173	0.23
節足				1	1	0.00										1	1	0.00
種類数計	12			14			3			1						18		
個体数計	70			84			32			15						201		
湿重量計	0.04			0.20			0.03			0.01						0.28		
bit(H')	2.61			2.98			1.15			0.00						—		

単位 個体数:/0.05m² 湿重量(g)/0.05m²、0.00は0.01g未満