

片貝漁港における水域利用と水質保全対策

川 口 毅*・三島豊秋**・佐 貫 宏***・岡野崇裕****

千葉県片貝漁港では現在サンドポケットが造成されつつあり、この閉鎖性水域では将来蓄養・中間育成水域として有効利用される予定になっている。しかしながら、この水域を蓄養・中間育成の場として利用するためには、閉鎖性およびその他の汚濁負荷の増加に伴う水質への影響について検討しておく必要がある。本研究では、現状の漁港泊池に対する水質の現地観測を行うと同時に、新造成水域を対象とする海水導入工を用いた水質保全対策について数値解析的に検討することにより、その水質保全効果について検討した。その結果、海水導入工による必要導水量等が推定されると同時に、水質保全対策としての海水導入工の有用性が示された。

1. 緒 言

多くの漁港では、漁獲物の出荷調整および漁獲量の減少へ対応するため、泊地の一部は一次蓄養および中間育成水域として利用されている。そのような漁港では、泊地内での水質保全を目的とした対策が施されており、その一つとして海水導入工を用いた防波堤などの設置が行われている。

泊池内の水質保全を目的とする海水導入工としてすでに多くの工法が提案されている。それらの中で最も構造が簡単なものは防波堤にパイプを埋め込む有孔堤工法であり(明田ら, 1996; 小田ら, 1995; 小田ら, 1996), 別所ら(2000)による全国の漁港を対象としたアンケート調査でもこの工法が最も多く導入されている。その他、透過堤としての多孔堤(塩崎ら, 1996; 村上ら, 1986)や、波浪のエネルギーを利用して効率的に海水交換を行う潜堤付有孔堤なども提案されている(大村ら, 1998)。

しかしながら、それらの工法の多くは室内実験によりその有効性が確かめられているものの、現地において確認されていないのが現状である。実際、別所ら(2000)のアンケート調査においても、海水交換工法導入時に十分な事前および事後調査は実施されておらず、その効果は十分に評価されないまま現在に至っているといった結果が得られている。

ここで対象としている千葉県片貝漁港では、現在、航路埋没などの漂砂対策として漁港の南側にサンドポケットが造成されつつある。そこでは、将来イワシなどを対象にした蓄養および中間育成水域として有効利用される予定になっている。しかしながら、水域としての閉鎖性の増加およびこの水域へ流入する河川からの汚濁負荷などによる水質悪化が予想されるため、それが及ぼす蓄養・中間育成魚介類への影響が懸念されている。

本研究では、まず現状の漁港泊池に対する水質の現地観測を行うことにより、現泊池での水質特性および水質悪化要因について検討した。さらに、新たに造成される閉鎖性水域を対象として海水導入工を用いた水質保全対策およびその効果について数値解析的に検討することにより、海水導入工による水質保全効果について検討した。

2. 水域利用計画の概要

片貝漁港は、千葉県東部の九十九里浜中央部の作田川河口に建設されている掘り込み型の第4種漁港である。沖合に好漁場を有し、イワシ漁の盛んな地域の拠点として利用されてきた。しかしながら、当漁港では砂浜海岸というその立地条件から古くから漂砂による港口航路埋没に悩まされており、その対策として昭和34年以降導流堤などの外郭施設が建設されている。現在、港口埋没防止を目的とするサンドポケットの建設計画に従い南防砂堤延長工事が進められており、計画総延長の約半分が完成している。その南防砂堤の延長によって新たに造成される水域(新造成水域)では、水産振興策の一環としてイワシの蓄養、ヒラメ、タイおよびハマグリなどの中間育成の実施などが想定されている。

図-1に片貝漁港の外形および水域利用計画を示す。

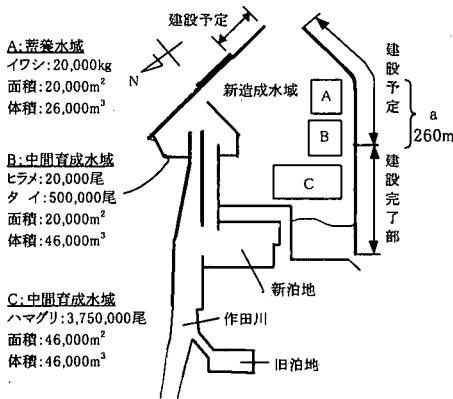


図-1 片貝漁港の外形と水域利用計画

* 正会員 工 修 (社)水産土木建設技術センター
** 正会員 博(工) (株)ニュージエック大阪本社 河川・海岸部 海岸室
*** 正会員 修(工) (社)水産土木建設技術センター
**** 正会員 修(工) (社)水産土木建設技術センター

新造成水域は現漁港と南防砂堤とによって囲われており、この水域には現漁港の港口を通して作田川が流入する。蓄養および中間育成は、南防砂堤に沿った総面積約200000 m²の3つの水域（図-1中A、BおよびC）での実施が想定されている。このとき、新造成水域では閉鎖性が増すだけでなく、作田川からの汚濁負荷および中間育成に伴う飼料などによる汚濁負荷の増加などが予想される。そのため、それに伴う水質悪化が及ぼす蓄養および中間育成への影響が懸念されている。

3. 片貝漁港における水質の現地観測

3.1 現地観測の概要

検討にあたり、現漁港泊地および作田川河道を主な対象に平成11年から12年度にかけて現地調査を行った。現地調査は、流況、水質、底質、および生物の大きく4項目に分けて行われている。このうち、水質および底質に関する調査地点を図-2に示す。水質調査では、COD、窒素、リン、およびクロロフィルaなどの富栄養化項目を対象に平成11年度に一昼夜の短期観測、平成12年度には8月から12月にかけて長期観測を行った。なお、長期観測における測定間隔は、月に1～2回である。また、底質調査では、新泊地における2地点を対象にCODおよびT-Nなどに対する含有量分析のほか、底泥の酸素消費試験およびCOD、I-NおよびI-Pに対する溶出試験を実施した。

3.2 水質調査結果

現漁港泊地および河道における水質は全体的に悪く、T-NおよびT-Pなどの栄養塩類の値が高いなど蓄養および中間育成に適した水質とは言えなかった。その水質悪化要因をみるため、図-3に塩分に対するCOD、T-P、T-NおよびNO₃-Nとの相関関係を示した。各項目とも塩分の減少に伴い増加する傾向が見られる。これは、現漁港泊地における主な汚濁負荷源が作田川であることを示している。

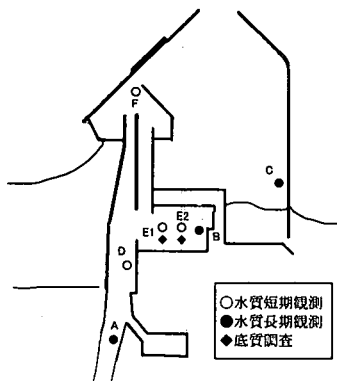


図-2 水質および底質に関する調査位置図

つづいて、図-4に、クロロフィルaについて短期観測および長期観測結果を示した。図-4をみると、富栄養化が進んだこの水域では植物プランクトンの日周変化および夏季の増殖が現れている。特に、短期観測時に実施した生物調査では、30000 個/mL を越える細胞数の植物プランクトンの増殖が観測されている。長期観測結果においては短期観測結果ほど高い値を示していないが、これは調査当日の天候や測定時刻、もしくは前日の降雨等が要因として考えられ、実際夏季における片貝漁港の泊地では5～15 μg/L 程度の変動があることに注意が必要である。

3.3 底質調査結果

新泊地の2地点（E1、E2）において深さ80 cm程度のコアサンプルを採取し、各々5深度に対して底質の粒度および含有量分析を実施した。

図-5にE2地点における含有量分析結果を示すが、

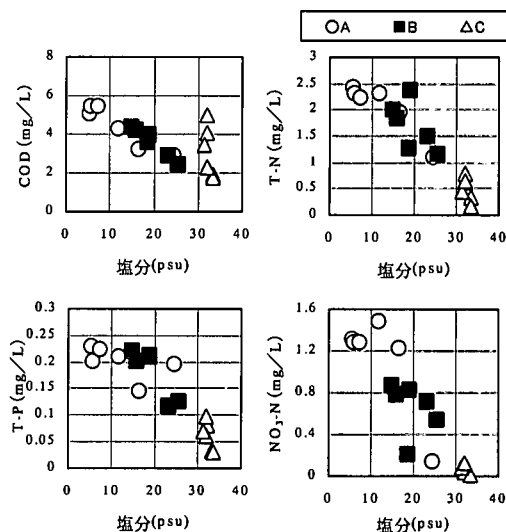


図-3 塩分と各水質項目との相関関係

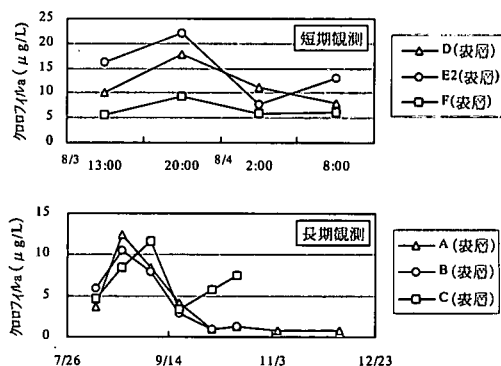


図-4 クロロフィルaの観測結果

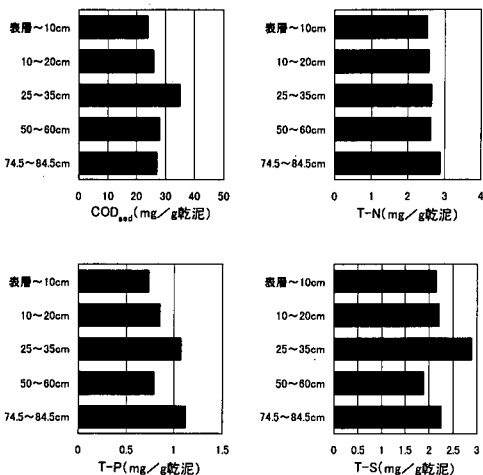


図-5 底質の含有量分析結果 (E2 地点)



図-6(1) 酸素消費試験結果 (E2 地点: 最上層)

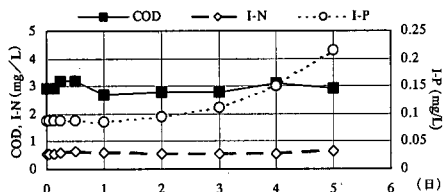


図-6(2) 溶出試験結果 (E2 地点: 最上層)

COD, T-N, T-P および T-S の各成分とも深さによってあまり目立った傾向は見られず、比較的有機質を多く含む泥が厚く堆積していることが分かった。また、2 測点のうち河道に近い観測点における底質の方がどの項目においても若干含有量が多く、作田川の影響が示唆される。

また、図-6 には底泥の酸素消費試験および溶出試験結果がそれぞれ示されている。試験は、含有量分析を行った 2 地点に対しそれぞれ 3 深度を対象に実施している。図-6(1) をみると、直上水のみに対する酸素消費量と底泥を含めたときのそれにはあまり差はなく、溶存酸素の大半は海水中で消費されていることが分かる。また、図-6(2) をみると、COD および I-N に対する目立った溶出は起こっていないが、I-P については溶存酸素の低下に伴い急激に溶出してきている。

これらの結果より、片貝漁港の新泊地においては有機

汚泥が厚く堆積していることが分かった。また、海水中の酸素消費量が底泥のそれに比べて非常に大きく、夏季にしばしば貧酸素状態になることを考えると、底泥からの I-P の溶出も水質への汚濁負荷源の一つになっていることが分かった。

4. 現状での片貝漁港における水質の数値解析

4.1 片貝漁港における水質特性と水質モデル

現地観測の結果、片貝漁港の泊地においては作田川からの流入負荷を主要因として水質悪化が生じていることが確認できた。また、それに付随して底質も悪化しており、貧酸素状態になった場合には底泥からも I-P が多く溶出することが分かった。したがって、これらの負荷により豊富に存在する栄養塩は、夏季における大量の植物プランクトンの増殖を引起こしていると考えられる。ここでは、これらの点を考慮し水質モデルには低次生態系ボックスモデルを適用した。

適用する低次生態系ボックスモデルは、河道、旧泊地および新泊地をそれぞれ 1 つのボックスとする 3 ボックスモデルである。このモデルでは、Chl-a で表される植物プランクトンおよび有機物量として COD を中心に、栄養塩類として無機態窒素およびリン、および有機態窒素およびリンが考慮されている。I-P のみであったが底泥からの栄養塩の溶出があり、その量は少なかったが底泥による酸素消費もあったことから、これらも考慮した。また、このときの各ボックス間の海水交換には、作田川の流量および潮汐による海水の連続関係のみを仮定した。

この水質モデルの中に含まれている各種パラメータを同定するため、海水中および底泥による酸素消費速度、I-P の溶出速度などの現地観測結果より推定できるもの以外は、既往資料を参考に初期値を設定した。ただし、I-N の溶出量に関しては、底質試験結果が現実的でないため、通常の海域における I-P の溶出量との比を考慮して再設定した。

4.2 数値解析に基づく現状における水質特性

数値解析の対象期間は、水質の長期観測期間を考慮し 8 月 1 日からの 100 日間とした。沖側開境界では銚子の推算潮位を与え、また河川流量には周辺河川の比流量から推定された低水流量、渇水流量および最小流量を適用した。なお、各河川流量はそれぞれ 0.96、0.55 および 0.05 m³/s であり、それぞれ解析期間内で一定値とした。

図-7 に、新泊地における Chl-a、COD および DO の観測結果およびそれらの各河川流量に対する数値解析結果を示す。新泊地の水質は、上流からの流入水質と漁港港口での潮汐に影響を受けるが、図-7 をみると作田川の流量への依存度が非常に高いことが分かる。

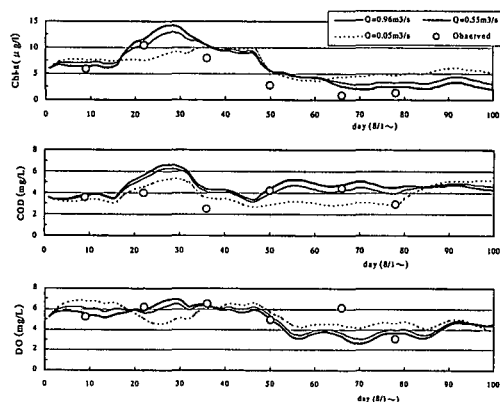


図-7 新泊地における観測値と解析値の比較

5. 蓄養・中間育成水域での水質とその保全対策

5.1 水質の予測方法

次に、蓄養・中間育成水域の対象である新造成水域の水質予測を行った。解析領域は現泊地に新造成水域を含めた領域であり、その中を10ブロックに分割したボックスモデルを採用した。また、モデルに含まれている底泥の溶出速度なども含めた各パラメータには新泊地の水質再現計算で同定されたものをそのまま適用した。このとき、新造成水域では蓄養および中間育成の実施に伴う魚介類の酸素消費および飼料などによる負荷が新たに生じる。これらに関しては、既往資料に基づく推定値を適用しており((社)水産資源保護協会, 1993)、イワシ、ヒラメ、タイおよびハマグリによる酸素消費、およびヒラメおよびタイに関しては飼料、糞および残餌による汚濁負荷を考慮している。

また、対象とする新造成水域の岸側に傾斜海浜が存在するため、特に岸側のボックス間の海水交換には波浪によって発生する海浜流の影響が無視できないと考えられる。そこで、新造成水域における水質予測においては、作田川からの河川水の流出および潮汐による流れに加え、海浜流も考慮した。なお、作田川からの流出流量には底水流量を、潮汐にはK1およびM2分潮を仮定した。また、常時義波高50 cm程度の波浪が来襲していることを考慮して、間瀬ら(1999)の方法による波浪変形計算に基づき海浜流を計算した。

5.2 新造成水域完成後の水質

図-8にイワシの蓄養水域、ヒラメ・タイおよびハマグリの中間育成水域におけるCOD, DO, T-N, およびT-Pの予測結果を示す。

イワシの蓄養水域における水質は、T-Pが若干高い値になっているが、その水域が港口に近いこともあり水産

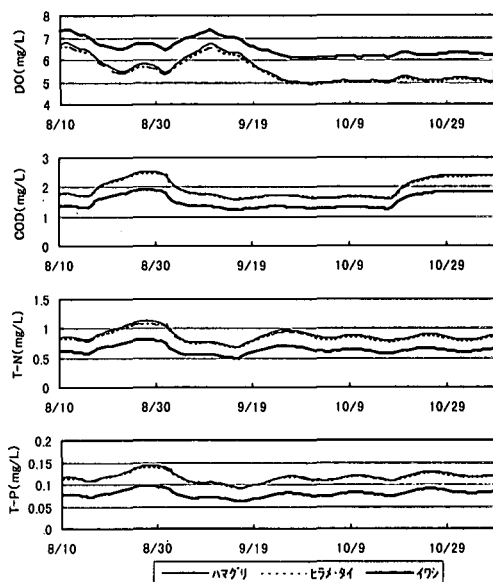


図-8 蓄養・中間育成水域における水質予測結果

利用上問題ないと思われる。一方、新造成水域の奥に位置するヒラメ・タイおよびハマグリの中間育成水域においては、溶存酸素が一般海域の水産用水基準(6 mg/L以上)を下回り5 mg/L程度まで低下している。また、T-Pに関しても水産養水基準の水産3種0.09 mg/L以上になる頻度が高く、水産利用上好ましい水質であるといえない。

新造成水域の奥でこのような水質になる要因は、飼料、糞および残餌による汚濁負荷である。特に、T-Pに関しては与える飼料中の窒素に対するリンに比率が0.25と高いことが影響していると考えられる。ただし、ここで設定している飼料の量は平均的なもので、実際は養殖場によって大きくバラツキがある。こういった魚介類への飼料の与え方を適切に管理することも一つの有効な水質保全対策と考えられるが、それらは中間育成等の実施者の管理方法などに依存するため、実際に実施しながら決めざるを得ないのが現状である。

5.3 海水導入による水質保全対策

ここでは、蓄養・中間育成水域の水質保全対策として、海水導入による方法について検討を行った。その最適な海水導入工法としては、片貝漁港が古くから抱えている漂砂の問題と、維持管理のしやすさ、実績およびコスト面を考慮して、水面付近設置型有孔堤を採用した。

検討においては、目標水質を定めた後に、その目標水質を得るための必要導水量を算定する必要がある。ここでは、水産用水基準を参考に溶存酸素の最低値が6 mg/L以上、T-NおよびT-Pの平均値が水産養水基準における水産3種を満たすことを目標水質として設定した。

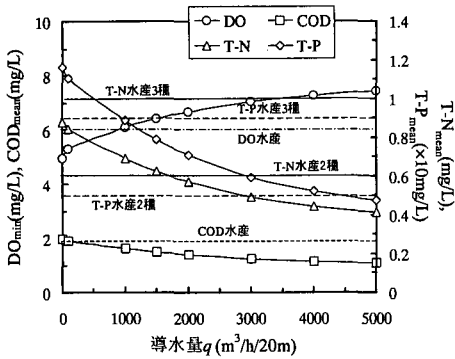


図9 導水量 q に対する水質変化 (ハマグリ中間育成水域)

また、導水位置については、今後延長される部分の中で幾つかパターンについて検討を行ったが、ここでは図-1中のaで示す260m区間から一様に導水した場合の結果のみを示す。

図-9は、新造成水域の一番奥に位置するハマグリの中間育成水域を例に、導水量 q に対する水質の変化を示したものである。溶存酸素の最低値が6 mg/L以上になるためには1000 m³/h/20mの導水量が必要であり、このときT-NおよびT-Pの平均値は水産3種を満たしている。また、後者のT-NおよびT-Pの平均値が水産2種を満たすように改善するためには、2000 m³/h/20m以上の導水量が必要であることが分かる。

したがって、目標水質を満たすために必要な導水量の総流量は13000 m³/hである。また、片貝漁港への来襲波浪や1本当たりの導水性能などを考慮すると、必要な水面設置型有孔堤の規模は図-1中のaの区間でパイプ本数34本と算定される。

5.4 水質保全対策の実施

片貝漁港における新造成水域を蓄養および中間育成などの水産利用の場として活用した場合、海水導入工は水質保全対策としては有効な手段である。ここでは、簡易的な水質モデルを適用したが、目標水質との比較により海水導入工法の規模を決めるための一つの設計方法を示すことができた。しかし、検討においては未確定なパラメータが多い上、水面設置型有孔堤も将来期待通り機能しない可能性がある。そのため、新造成水域への水面設置型有孔堤の導入に当たっては、供用開始後に蓄養水域の底質や導水量などを含めたモニタリングを実施し、将来計画にフィードバックすることが必要と考えられる。

6. 結 語

片貝漁港において造成中である蓄養・中間育成水域に対し、海水導入工による水質保全対策について検討した。主要な結果をまとめると次のようになる。

- (1) 現泊地内での水質変化は、汚濁量が多く含まれる河川河道内の水質変化と連動しており、また数値解析でも河川流量との感度が高いこと、酸素消費量が底質に比べ海中の方が高いことなどから、現泊地での水質悪化の主要因は河川からの流入負荷であることが明らかにされた。
- (2) 新造成水域において蓄養・中間育成を行うことにより、その水域内の水質が水産用水基準を満足できないほど悪化することが明らかになった。
- (3) 水産用水基準を基に設定した目標水質との比較により、新造成水域への必要導水量および海水導入工の規模が推定されると同時に、水質保全対策としての海水導入工の有用性が示された。

参 考 文 献

- 明田定満・山本泰司・谷野賢二・木村克俊・小野寺利治 (1996): 浦河港水中荷捌場における海水交換特性について, 海岸工学論文集, 第43巻, pp. 1221-1225.
- 大村智宏・中山哲蔵 (1998): 潜堤付き海水導入工の適用範囲拡大に関する研究, 水産工学研究所技法, 第20号, pp. 1-11.
- 小田一紀・天野健次・大東秀光・鈴木 隆・田中彬夫 (1990): パイプ式透過堤の水利特性および曝気特性に関する研究, 海岸工学論文集, 第37巻, pp. 559-563.
- 小田一紀・真栄平宜之・中西昭人・田中彬夫 (1995): 波浪によるパイプ式透過堤の海水導入特性, 海岸工学論文集, 第42巻, pp. 1116-1120.
- 小田一紀・真栄平宜之・山上雅実・田中彬夫 (1996): 水面にパイプ孔を有する透過堤の波浪誘起導水量に関する理論的研究, 海岸工学論文集, 第43巻, pp. 1231-1235.
- 塩崎慎郎・磯崎総一郎・中村 滋・堀内 博 (1996): 海水交換機能を有する透過型スリットケーソンの水利特性, 海岸工学論文集, 第43巻, pp. 1226-1230.
- (社)日本水産資源保護協会 (1993): 平成4年度養殖場高度管理方式開発調査報告書.
- 別所博幸・橋本洋子・井邊裕彦 (2000): アンケート調査からみた漁港における水環境改善策の取り組みの現況, 日本水産学会学術講演会講演論文集, pp. 203-206.
- 間瀬 肇・高山知司・国富将嗣・三島豊秋 (1999): 波の回折を考慮した多方向不規則波の変形計算に関する研究, 土木学会論文集, No. 628/II-48, pp. 177-187.
- 村上仁士・細井由彦・合田吉孝 (1986): 複合漸変縦型スリット式防波堤の消波および海水交流特性, 海岸工学講演会論文集, 第33巻, pp. 412-416.