

浚渫砂を用いて造成した干潟・浅場による沿岸 海域環境への効果とその課題について

TIDAL FLATS AND SHALLOWS CREATED THROUGH THE UTILIZATION OF
DREDGED SAND AND ITS EFFECTIVENESS ON COASTAL SEA
ENVIRONMENT AND ITS PROBLEM

風間崇宏¹・中田喜三郎²・田辺義夫³・長谷川雅弘⁴・大島巖⁵・長倉敏郎⁶

Takahiro KAZAMA, Kisaburo NAKATA, Yoshio TANABE, Masahiro HASEGAWA, Iwao
OSHIMA and Toshirou NAGAKURA

¹国土環境株式会社 名古屋支店(〒455-0032 愛知県名古屋市港区入船1-7-15)

²東海大学 海洋学部(〒424-8610 静岡県静岡市清水区折戸3-20-1)

³国土交通省 中部地方整備局 三河港湾事務所(〒441-8075 愛知県豊橋市神野ふ頭1番地1)

⁴国土交通省 中部地方整備局 三河港湾事務所 衣浦港事務所(〒475-8031 愛知県半田市11号地2番地)
現) 名古屋港湾空港技術調査事務所

⁵財団法人港湾空間高度化環境研究センター(〒108-0022 東京都港区海岸三丁目26-1 パーク芝浦6階)

⁶正会員 財団法人港湾空間高度化環境研究センター(〒108-0022 東京都港区海岸三丁目26-1 パーク芝浦6階)

The Ministry of Land, Infrastructure and Transport and Aichi Prefecture are jointly involved in various environmental rehabilitation and creation projects inside Mikawa Bay. New tidal flats and shallow waters have been created and capping has been conducted through the utilization of high quality dredged sand arose from the development of Nakayama waterway. Results from the monitoring survey in 7 years showed improvement in sediment quality and disappearance of oxygen depleted water column in the tidal flat. Also diversity of bivalves and other benthic organisms have increased in the tidal flat area, suggesting an improvement of the habitat environment. In addition, Bivalves play an important role in water purification function. When the increased purified nitrogen in water, owing to recovery of bivalves in the created tidal flat, is multiplied by the total project area(620 ha), the amount of purified nitrogen becomes 815kgN/day. It is equal to approximately 2% of the whole nitrogen load to Mikawa Bay.

Key Words : dredged sand, created tidal flat, oxygen depleted water, benthic organisms

1. 三河湾における環境修復事業

(1) 環境修復事業の内容

三河湾は、知多半島と渥美半島に囲まれた閉鎖的な海域で湾口部が狭いことから外海との海水交換が悪く、さらに、背後地域の河川から流入する汚泥やゴミ、生活排水、産業排水などによる水質の悪化が問題となっていた。

また、プランクトンの増殖による水質の二次汚濁現象が見られ、赤潮や貧酸素水塊の発生に伴う海域生物への影響も生じている。この富栄養化には、陸域から直接流入する窒素やリン等の栄養塩などとともに、海底に堆積した有機汚泥(ヘドロ)が大きな影響を与えているものと推測される。

このように三河湾の環境問題が顕在化する中で、国土交通省及び愛知県は、湾口部に整備された中山水道航路の浚渫砂を有効に利用して干潟や浅場を造成した。生産性の高い干潟を中心とした浅海域を復元することによって、海の自浄作用を高めることを目的とした事業である。

(2) 環境修復事業のコンセプト

本環境修復事業による効果のイメージを図-1に示す。

本事業では沿岸域の底生生物の生息に適した場の創出をねらって、干潟・浅場の造成を行った。中央粒径約0.15mmの細砂を用いることによって底質を改善するとともに、二枚貝類の定着による海水浄化機能の強化を図った。また、汚染された底質を覆砂することで、底泥が

らの栄養塩の溶出を抑制することをねらった。

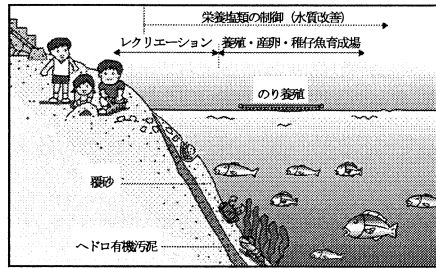


図-1 本環境修復事業による効果のイメージ

干潟・浅場・覆砂の区分を図-2に示す。干潟は干出と水没を繰り返す水深D. L. -1.5m以浅の場所とした。貧酸素水塊の影響が小さい場となり底生生物が増加することによって水質浄化能力を高めること、潮干狩りなど親水性の高い空間を形成することを目的とした。浅場は小型船舶の航行の支障にならないように、水深D. L. -5.0～-1.5mまでの場所とし、干潟と同様に貧酸素水塊の影響が小さい場所になり、底生生物が増加することによって水質浄化能力を高めることを目的とした。覆砂は水深D. L. -5.0m以深の場所とし、海底の有機汚泥を浚渫砂で覆いかぶせることで底泥からの栄養塩の溶出を軽減し、水質の改善を目的とした。

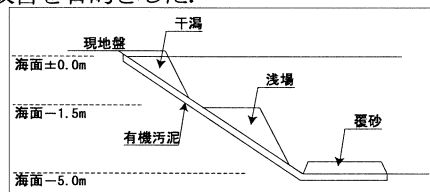


図-2 干潟・浅場・覆砂の区分

(2) 環境修復事業の実施状況

平成10年度から16年度にかけて図-3に示す三河湾内の39箇所において620万 m^3 の浚渫砂を用いて約620haの規模の干潟・浅場造成、覆砂を実施した。その内訳は干潟造成241ha、浅場造成106ha、覆砂273haである。

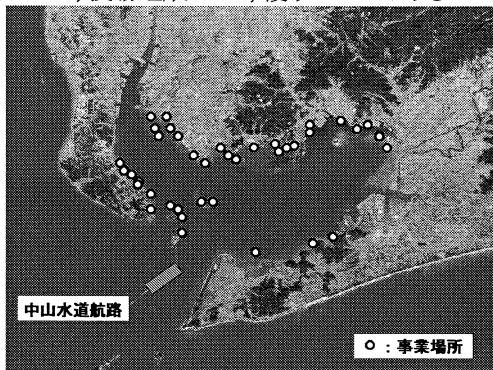


図-3 本事業実施位置図

2. モニタリング調査の内容

干潟を造成した御津地区、西浦地区、田原地区を対象に効果を検証するためのモニタリング調査を実施した(図-4参照)。調査地点は各地区ともに水深0～3mの干潟造成区域(干潟区域)、干潟区域周辺の海域(周辺海域)とした。さらに、御津地区では近隣に存在する自然干潟の代表として豊川河口干潟を調査地点として選定した。各調査地点の緯度経度は表-1に示すとおりである。

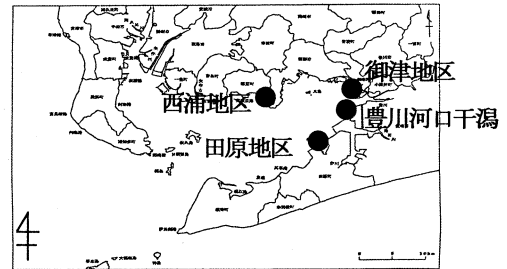


図-4 モニタリング地区

表-1 調査地点の緯度経度

地区		緯度	経度
御津地区	干潟区域	34° 46.924' ～ 34° 47.057'	137° 18.311' ～ 137° 18.376'
	周辺海域	34° 46.856'	137° 17.852'
	既存干潟	34° 46.442'	137° 18.721'
西浦地区	干潟区域	34° 47.125' ～ 34° 47.174'	137° 10.208' ～ 137° 10.351'
	周辺海域	34° 47.063'	137° 10.371'
田原地区	干潟区域	34° 40.812' ～ 34° 40.914'	137° 13.779' ～ 137° 13.821'
	周辺海域	34° 40.946'	137° 13.762'

(1) 水質

バンドーン採水器及び北原式採水器を用いて、造成干潟上(干潟区域)及び周辺海域より採水し、塩分、溶存酸素量(DO)等について分析した。採水層は海底上0.5mとした。調査時期は季節による変化を考慮して四季とした。

(2) 底質

スミス・マッキンタイヤ型採泥器を用いて造成干潟上(干潟区域)及び周辺海域の海底表層泥を3回以上採取し、混合したものを分析試料とした。分析項目は粒度組成、強熱減量、硫化物等とした。調査時期は季節による変化を考慮して四季とした。

(3) 底生生物

スミス・マッキンタイヤ型採泥器を用いて造成干潟上(干潟区域)及び周辺海域の海底表層泥を3回採取し、混合したものを分析試料とした。試料は1mm目のメッシュでふるい、残ったものについて種の同定、個体数の計数、湿重量の測定を行った。調査時期は季節による変化を考慮して四季とした。

(4) 魚介類

魚類調査は西浦地区、田原地区で実施した。使用した漁具の一覧を表-2、使用漁具のひとつである砕波帯ネットを図-5に示す。

干潟上部(干出部)では砕波帯ネット、水深3mの干潟下部及び水深5mの周辺海域では表層の大型魚は刺網、底層の大型魚はビームトロール、表層の稚仔魚は稚魚ネット、底層の稚仔魚はソリネットによって採集した。

砕波帯ネットは海岸線と平行に100m、その他の漁具については200m曳網し魚介類を採集した。なお、刺網は夕刻に入網し、揚網は翌朝とし12時間網を設置し魚介類を採集した。採集した魚介類は10%ホルマリンで固定して持ち帰り、採集した魚介類の種の同定、個体数の計数、湿重量の測定を行った。調査時期は季節による変化を考慮して四季とした。

表-2 使用した漁具の一覧

調査地点	採取層	成魚対象	稚仔魚対象
干潟上部	—	—	砕波帯ネット (目合0.5mm, 図-5参照)
干潟中部 周辺海域	表層	刺網(目合: 中網 45mm, 外網350mm三 枚)	稚魚ネット(目 合0.33mm)
	底層	ビームトロール (目合18mm)	ソリネット(目 合1mm)

凡例) 一：該当なし

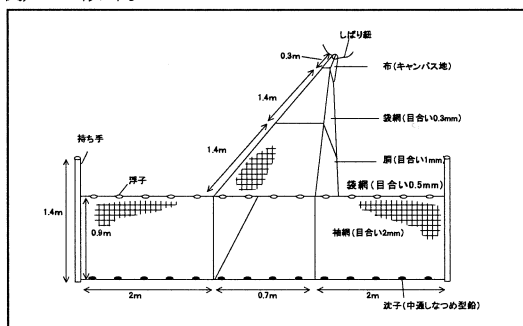


図-5 砕波帯ネット

3. 調查結果

(1) 環境条件と生物との関係

環境条件（水質、底質）、底生生物や魚介類の出現状況についてそれぞれ調査結果を示した。

a) 水質

底生生物の生息に直接影響する底層（海底上0.5m）の水質調査結果を図-6に示す。塩分は御津地区で平成11年11月、西浦地区で平成15年8月に22～24psuまで低下していた以外は約30psuであった。御津地区、西浦地区は一時的に淡水の影響がある場所であるのに対し、田原地区はほとんど淡水の影響がみられない場所であった。各地区ともに溶存酸素量（DO）は夏季に低くなり、周辺海域では2～3mg/Lを下回る貧酸素水が確認された。しかし、干潟区域では低くても約3～4mg/L以上が維持されていた。地盤の嵩上げによって水深を浅くした干潟区域は貧酸素化しにくい海域となっていることが考えられた。

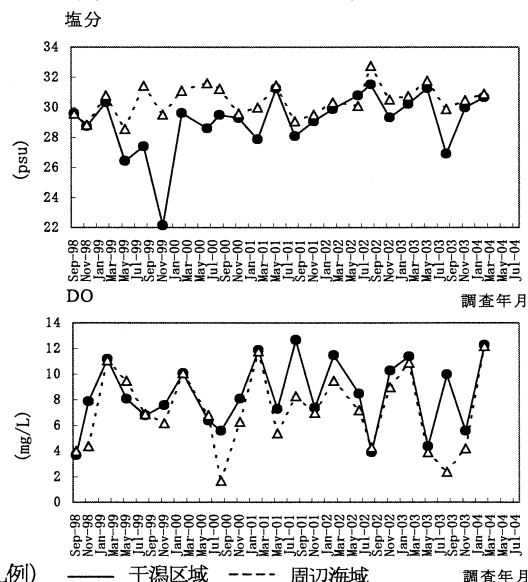


図-6(1) 水質調査結果(御津地区;海底上0.5m)

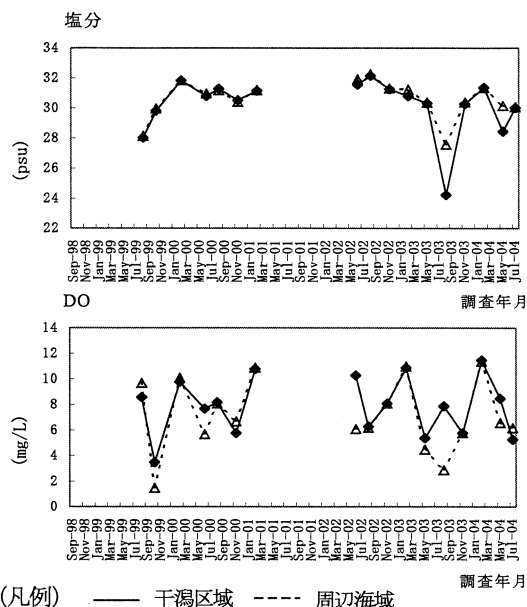


図-6(2) 水質調査結果(西浦地区;海底上0.5m)

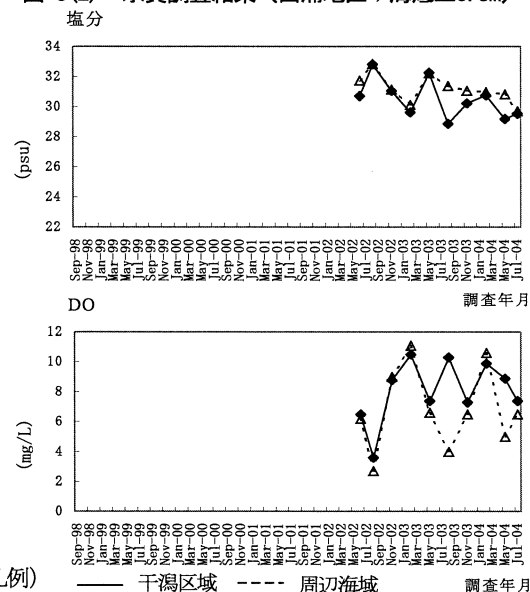


図-6(3) 水質調査結果(田原地区;海底上0.5m)

b) 底質

底質汚濁の一指標として強熱減量調査結果を図-7に示す。干潟造成材は細砂分90%以上の均一な粒径でその後各造成干潟ともに概ねその底質は変化がなかった。強熱減量は各造成地区ともに低く、造成砂中の有機物量は少ない状態が続いていた。ただし、御津地区では造成約4年後から周辺海域と同様の底質が見られ、やや強熱減量が増加した時期もあった。

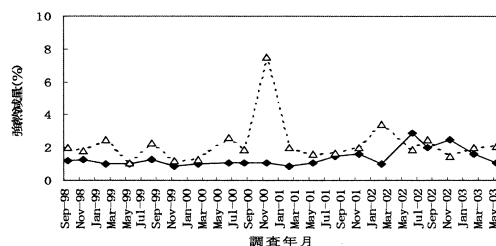
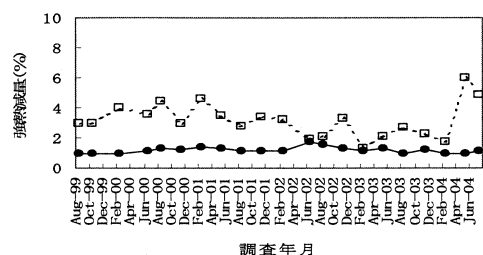
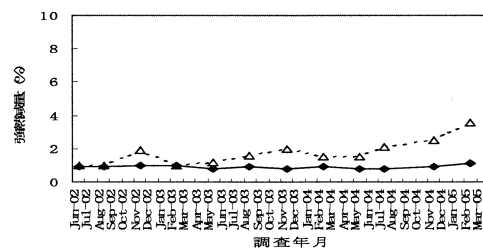


図-7(1) 底質の強熱減量(御津地区)



(凡例) — 干潟区域 ---- 周辺海域

図-7(2) 底質の強熱減量(西浦地区)



(凡例) — 干潟区域 ---- 周辺海域

図-7(3) 底質の強熱減量(田原地区)

c) 底生生物

底生生物の種類数の変化を図-8に示す。干潟区域における底生生物の種類数は造成後徐々に増加しており、造成約60カ月後には御津地区及び西浦地区では約20種類、田原地区では約10種類であった。周辺海域では干潟部より多くの種類の底生生物が出現する時期もあるが、ほぼ無生物になる時期もあった。無生物になる時期は夏季にあたり、水質の調査結果から推測すると貧酸素水による影響と考えられる。

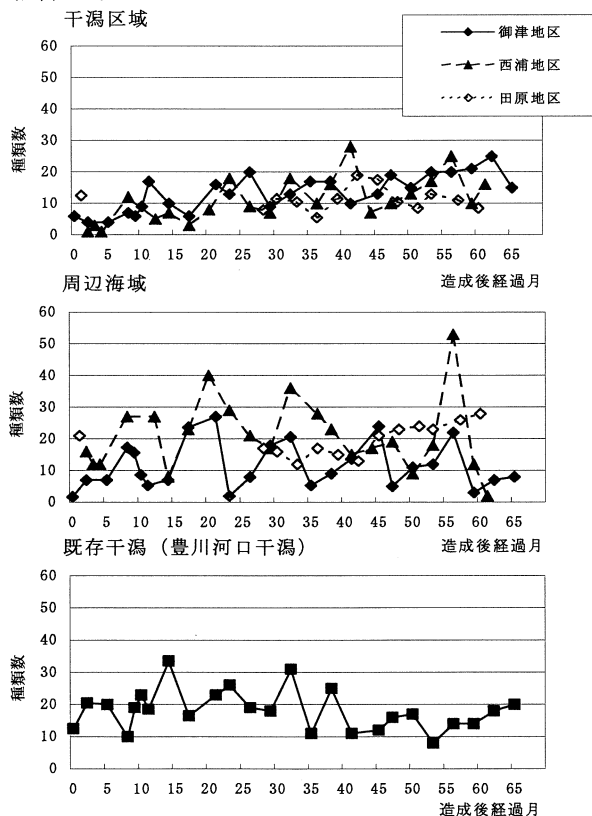


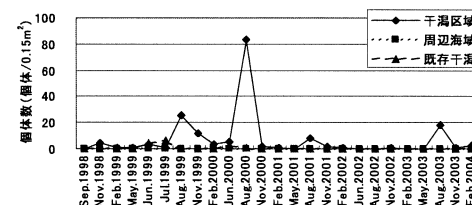
図-8 底生生物の種類数の変化

周辺の既存干潟(豊川河口干潟)における底生生物の種類数は約20種類を中心に増減しており、干潟部と同程

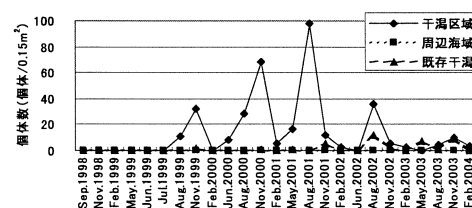
度の出現種類数が確認された。

次に、干潟区域において特徴的に増加した底生生物として、二枚貝類(バカガイ、カガミガイ、アサリ)の個体数の変化を図-9に示す。ここでは、二枚貝類が特に増加した御津地区及び西浦地区の結果について示した。両地区ともに造成後2~3年程度をかけてバカガイやカガミガイといった二枚貝類が増加した。しかし、それら二枚貝類の個体数はその後やや減少傾向にあった。

バカガイ



カガミガイ



アサリ

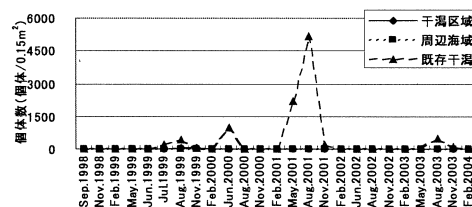
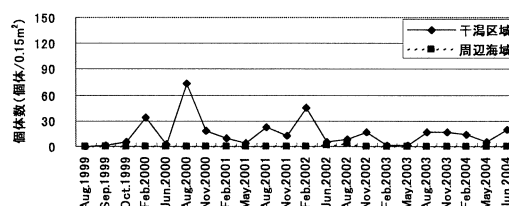
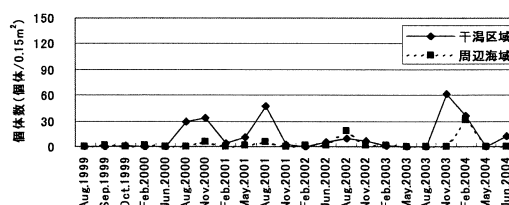


図-9(1) 主な二枚貝類の個体数の変化(御津地区)

バカガイ



カガミガイ



アサリ

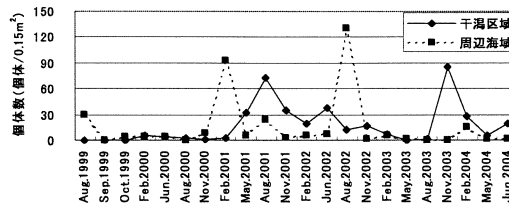


図-9(2) 主な二枚貝類の個体数の変化(西浦地区)

d) 魚介類

魚介類調査は西浦地区で平成16年から17年にかけて、田原地区で平成17年から18年にかけて実施した。その調査結果の中から、ここでは砕波帯での採集結果に絞って紹介した。採集漁具は砕波帯ネットを用いた。砕波帯における稚仔魚等の個体数変化を図-10に示す。

西浦地区の干潟区域の砕波帯では3月、11月にはアユ、5月にはシラウオ、7月にはイシガレイの稚魚がみられた。田原地区では5月にイシガレイ、5月、8月にはヒメハゼの稚魚がみられた。また、それら稚魚とともにアキアミやエビジャコ属といった小型甲殻類もみられており、稚魚が砕波帯に集まる理由としては、波によって巻き上げられるこれらの生物を捕食しやすいためと推測される。干潟・浅場の造成によって創出した浅海域が稚魚類の生息場所として機能しているものと考えられる。

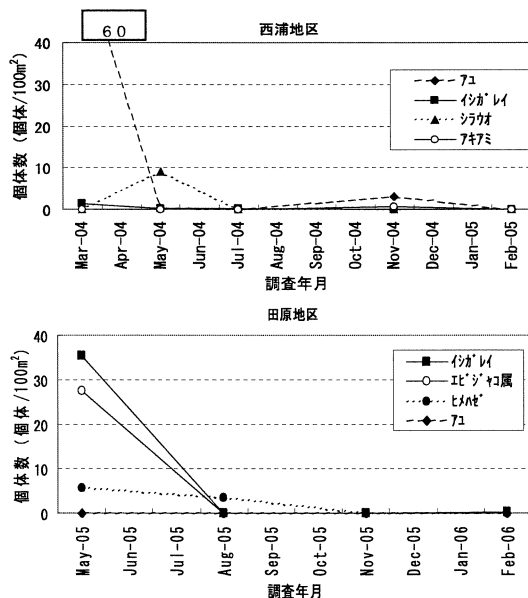


図-10 砕波帯における稚仔魚等の個体数変化

(2) 造成干潟・浅場による水質浄化機能の検討

平成10年度から16年度までに行われた底質と底生生物の調査結果を用いて、底生生物による有機懸濁物除去速度を簡易的に算出した。算出に用いた水深・地区別データ年度一覧は表-3に示すとおりである。なお、美浜地区および一色地区の調査結果は、愛知県が造成した干潟での同様な方法による調査結果である。

表-3 算出に用いた水深・地区別データ年度一覧

水深	地区	御津地区	西浦地区	田原地区	美浜地区	一色地区
造成干潟	干出部	1998-2001	1999-2004	2002-2004	2002	2002
造成干潟	D.L. 約-1.5m	1998-2003	1999-2004	—	2002	—
造成干潟	D.L. 約-3.0m	1998-2003	1999-2004	—	2002	—
周辺区域	D.L. 約-5.0m	1998-2003	1999-2004	2002-2004	2002	—
既存干潟	干出部	1998-2003	—	—	—	—

凡例) — : 該当データなし

有機懸濁物除去速度は次に示す鈴木ら(2000)¹⁾による簡易的な計算によって算出した。算出式の詳細について次に示すとおりである。ろ過食性者の現存量(SFst)、クロロフィルa、フェオフィチンは表-2に示した全年度の調査結果の平均値を用いた。

$$PONrm = SFfd^{(1)} \times (1 - Ex) + SFfd \times Ex \times (1 - Rs^{(2)}) = SFfd \times (1 - Ex \times Rs)$$

$$SFfd = (SFst \times PBsf) / FDsf / 365 \dots \dots (1)$$

$$Rs = (SFst \times Ex - SDFfd^{(3)}) / (SFfd \times Ex) \dots \dots (2)$$

$$SDFfd = (SDFst \times PBsdf \times (1 - CP^{(4)})) / FDsdf / 365 \dots \dots (3)$$

$$CP = Chl-a / (Chl-a + Pheo) \dots \dots (4)$$

PONrm : 有機懸濁物除去速度 (mgNm⁻²day⁻¹)

SFfd : ろ過食性者による有機懸濁物摂餌速度 (mgNm⁻²day⁻¹)

Ex : ろ過食性者の糞・偽糞排泄率 (0.55) (秋山, 1988)²⁾

Rs : 糞・偽糞の再懸濁率

SFst : ろ過食性者の現存量 (mgNm⁻²)

PBsf : ろ過食性者のP/B比 (2.5) (堀越ら, 1976)³⁾

FDsf : ろ過食性者の転換効率 (0.15) (佐々木, 1989)⁴⁾

Chl-a : クロロフィルa (μg/g)

Pheo : フェオフィチン (μg/g)

上記の手法を用いて得られた干潟区域、周辺海域、既存干潟における水質浄化能力の平均値及び最大・最小値を図-11に示す。干潟区域での有機懸濁物除去速度は調査回によって異なっていたが、D.L. 約±0.0mでは平均46.4 mgNm⁻²day⁻¹ (0.0~299.0mgNm⁻²day⁻¹)、D.L. 約-1.5mでは平均75.9 mgNm⁻²day⁻¹ (0.0~887.7mgNm⁻²day⁻¹)、D.L. 約-3.0mでは平均422.9 mgNm⁻²day⁻¹ (0.0~5,782.7mgNm⁻²day⁻¹)であり、干潟区域の中でも水深の深い場所では有機懸濁物除去速度が高かった。既存干潟 (豊川河口干潟) での有機懸濁物除去速度は平均140.9mgNm⁻²day⁻¹ (0.0~1,617.3mgNm⁻²day⁻¹)であった。一方、周辺海域のD.L. 約-5.0mの場所では、有機懸濁物除去速度は平均53.0mgNm⁻²day⁻¹ (0.0~323.0mgNm⁻²day⁻¹)であり、造成干潟のD.L. -1.5m以深や既存干潟に比べて小さかった。

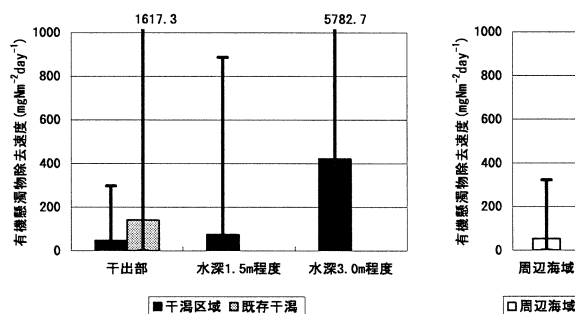


図-11 干潟区域、周辺海域、既存干潟における水質浄化能力の平均値及び最大・最小値

図-11に示すD.L. 約±0.0m、D.L. 約-1.5m、D.L. 約-3.0mの造成干潟における全水深帯の平均値を求めると131.7 mgNm⁻²day⁻¹となり、この値は青山・鈴木(1996)⁵⁾の報告

による一色干潟の浄化能力 $100.8\text{mgN m}^{-2}\text{day}^{-1}$ と比較すると、やや高い傾向にあった。前者の値に本事業面積 620ha を乗じると 816kgNday^{-1} となり、これは三河湾に流入する負荷量（表-4）の約2%にあたる。

表-4 三河湾に流入する負荷量
(伊勢湾下水道整備計画調査協議会, 1997) ⁶⁾
(kg day^{-1})

	COD	T-N	T-P
流入負荷量	96, 518	45, 368	6, 694

造成した干潟に定着した底生生物による水質浄化が三河湾の水質改善に寄与していることが推測される。

4. 考察及び結論

調査結果のまとめ及び考察は次のとおりである。

- 干潟区域では、干潟を造成したことにより地盤が嵩上げされ、周辺海域の底層でみられる貧酸素水はみられなかった。その結果、二枚貝類の増加が確認された。夏季の貧酸素水による影響を回避でき周年に亘る底生生物の生息の場ができたことによって、数年の寿命をもつ二枚貝類等の底生生物が生息できるようになったものと考えられる。
- 干潟を造成した3カ所で比較すると、底生生物は御津地区及び西浦地区ではバカガイ、カガミガイなどの二枚貝類が多くみられたのに対し、田原地区ではそれらが少なかった。御津地区及び西浦地区は田原地区に比べて淡水の影響がある場であることが水質調査から把握できており、水中の懸濁物を取り込んで餌とする二枚貝類にとっては、河川等からの栄養塩が供給されやすい場の方が生息に適しているのではないかと推測される。一方で魚介類は西浦地区、田原地区ともにイシガレイやアユなど同様な種類の稚魚がみられた。魚介類に比べて底生生物は移動能力が小さく、造成場所の環境特性による影響を受けやすいものと推測される。
- 造成干潟の中では水没している干潟下部において、特に周辺海域より高い水質浄化能力が確認された。貧酸素水の影響を回避でき、しかも水没時間が長く

二枚貝類がより水中から餌を取り入れやすい干潟下部が水質浄化能力の向上にあたってより重要な水深であると推測される。

5. 今後の課題

今後の課題としては次のことが挙げられる。

- 造成干潟では既述のように造成後2～3年程度をかけて二枚貝類が増加したが、その後減少している。現地の干潟を踏査した結果、その原因は地盤の硬さにあるのではないかと推測している。平成16年8月に二枚貝類の生息の復活を目指した順応的管理を目的として、西浦地区の造成干潟の砂を大きく移動したところ、再度バカガイやカガミガイといった二枚貝類が多く出現した。固くなった地盤を掘り返し耕耘することで生物が潜りやすい柔らかい地盤が復元されたためと推測している。

謝辞：

調査結果のとりまとめ、干潟造成効果の検討を行うにあたり、ご指導を頂いた三河湾水底質環境検討調査 検討会の皆様に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 鈴木輝明, 青山裕晃, 中尾徹, 今尾和正: マクロベントスによる水質浄化機能を指標とした底質基準試案 —三河湾浅海部における事例研究—。水産海洋研究, 64(2), pp.85-93, 2000.
- 秋山章男: 底生生物の挙動と食物連鎖。潮間帯周辺海域における浄化機能と生物生産に関する研究 農林水産技術会議事務局, 3, pp.82-102, 1988.
- 堀越増興, 菊池泰二: ベントスの生物生産性。海藻・ベントス (元田茂編)。東海大学出版会, pp.241-270, 1976.
- 佐々木克之: 干潟域の物質循環。沿岸海洋研究ノート, 26, pp.172-190, 1989.
- 青山裕晃, 鈴木輝明: 干潟の水質浄化機能の定量的評価。愛知水試研報告, 第3号, 1996.
- 伊勢湾下水道整備計画調査協議会: 伊勢湾下水道整備総合計画に関する報告書, pp.66-68, 1997.