

〈一般研究課題〉 藤前干潟内の潮だまり・底泥を介して
環境修復への取り組み
助成研究者 愛知工業大学 八木 明彦



藤前干潟の潮だまり・底泥間隙水における浄化機能

八木明彦¹、梅村麻希¹、川瀬基弘²
(1 愛知工業大学、2 愛知みずほ大学)

Self-purification of Tidal-Pool and Interstitial water in the Fujimae Tidal Flat

Akihiko Yagi¹, Maki Umemura¹ and Motohiro Kawase²

1 Aichi Institute of Technology, 2 Aichi Mizuho University

Abstract

Fujimae Tidal Flat is located in the northern part of Ise Bay, in the western portion of the Port of Nagoya in Aichi Prefecture. This tidal flat is well known in Japan as an area where migratory birds gather. Sampling for chemical analysis involved the collection of the tidal-pool and interstitial water at least 3 or 4 h before low tide (when river water was not flowing into or out of the tidal flat). TOC, DOC and TN concentrations before and after low tide in the tidal-pool show a tendency for values to increase, but that of the interstitial water showed a decrease. The carbon and nitrogen decreases of 241.5 kgCday⁻¹ and 111.9 kgNday⁻¹ in the interstitial waters and 264.9 kgCday⁻¹, 1.87 kgNday⁻¹ ~ 3.3 kgNday⁻¹ in tidal-pool was obtained, respectively. The bivalve living in the Fujimae tidal flat was gathered and the amount of the water quality purification of these bivalves was estimated by experiments. Total values were obtained as the results for 1123.4 kgCday⁻¹ and 207.9 kgNday⁻¹, respectively.

1. はじめに

干潟とは、潮間帯の勾配が緩やかで、かつ潮位差が大きい場合に、干潮時に露出する砂泥質の平坦な地形のことを言う (栗原、1988)。干潟は普段、水によって大気と底泥が遮断されており、酸素の供給が制限されている。しかし、引き潮時に現れた底泥には日光が当たり、酸素が溶け込むというエアレーション効果が起きる。また、河口干潟の場合には河川からの豊富な栄養塩類の供給に

より、生物が生息するに適した場となっている（佐々木、1989；細川、1991、；菊池1993）。藤前干潟は、伊勢湾北部沿岸に広がっていた干潟の一部で、現在は日光川と新川に囲まれている。面積は90haの伊勢湾最大の河口干潟であり、過去に、廃棄物処理場建設のため埋め立てが懸念されていた場所でもある。伊勢湾に残る最後の干潟であり、渡り鳥の飛来地としても有名で、2002年11月1日に鳥獣保護区に指定、同年11月18日にラムサール条約登録地に登録された。藤前干潟をはじめ、干潟には渡り鳥の飛来地としての役割以外にも、ベントス（底生生物）による生態系を構築する場としての役割（磯野・中村、2000）やベントスの浄化を求めた長谷川ら（2007）の報告がある。例えば、藤前干潟に関しての研究としては、脱窒速度を求めた黒田（1997）や藤前干潟では一次生産量と栄養塩挙動や間隙水中のCOD変化、溶存態有機炭素分子量分画の変化、鉄・マンガンの挙動を求めた報告（寺井・八木、1996；八木ら、1996；八木ら、2001；八木、2001a,2001b、Yagi and Terai, 2001）がそれぞれある。

目 的

研究対象となる藤前干潟は、「潮だまり」が多く存在する干潟である。今までに干潟における泥質中および砂質中における浄化能力の研究は、いくつも報告されている（山田ら、1996；八木、2001）。しかし、藤前干潟に多数存在する「潮だまり」は泥質中および砂質中に接しているが、海水や底泥とは違った性質を持つ場所であるため、また違った浄化作用を持つのではないかと考えた。そこで、窒素（N）、炭素（C）動態を中心として、潮だまりと底泥間隙水の浄化機能を求めることを目的とした。

一方、水質を浄化する作用の一つとして、干潟に生息する底生生物（ベントス）の活動による作用がある。干潟には貝やゴカイなどのベントスが生息しているが、分類群が違えば活動にも違いがあり、同じ分類群であっても種が違えば活動は似ていても異なった作用を及ぼしている可能性がある。干潟の持つ浄化作用を科学的に解明するためには、どのように物質が変化するのかを解明していかなければならない。ここではベントスの中でも二枚貝を用いて実験を行うことにした。干潟の持つ水質浄化作用を解明するために、藤前干潟で採集可能な全ての二枚貝種について調査することとする。

2. 方法

大潮の最大干潮時から2時間前と2時間後の潮だまり内の海水を採水、分析した。また、潮だまり内の海水をステンレス製ビーカーに入れ、その場に静置し、それを現地実験とした（以下Blankとする）。観測地点は図1に示す干潟内90haの岸より2地点（A, St.5）、新川岸部より100m～200mと岸より100m～200m以内の地点（B地点St.1～St.4）をそれぞれ選定した。

2-1. 潮だまり

潮だまり（tide pool）とは、干潮時に底泥および砂質の窪みに水が溜まる場所である。陸地で例えるなら、水たまりのようなものである。

藤前干潟の約30%が潮だまりで、100m²あたりに約60個存在する。

容積 幅30 cm×30 cm×深さ10cm=9000cm³

2-2. 底泥間隙水

大潮の最大干潮時とその前後2時間ずつの3回の測定時間において、セラミック・ポーラー製

ミズトールを用いて、0-5.0cm、5.0-10.0cm、10.0-15.0cm、15.0-20.0cmの5cm間隔でそれぞれの深度に応じて底泥に差込み、吸引式セラミック製容器を用いて間隙水を約30ml~40ml吸引した。この時の測定地はSt.Aのみで行われた。なお、ここで得られた試水は約1 μ mの目を通過しているので溶存態と見なした。

2-3. 化学分析

TOC、DOC、TN、TDNの分析

水質浄化実験で濾過した実験サンプルにH₂SO₄を50 μ L入れて攪拌し、TOC-Ve (SHIMAZU) に注入して850 $^{\circ}$ C燃焼によりTOC、TNおよびろ過水についてDOC、TDNの値を定量した。

アンモニア態窒素 (NH₄-N) : インドフェノール法 (西條&三田村、新編 湖沼調査法 P157、1995) を用いて試験管に試水25mlを入れ、フェノール1mlとアンチホルミン1mlを加え、湯中 (60 $^{\circ}$ C~50 $^{\circ}$ C) に5分静置する。その後5cmセル、630nmの波長で分光光度計 (JASCO V-550) を使用して測定した。

亜硝酸態窒素 (NO₂-N) : BR法 (日本分析化学会北海道支部編、水の分析 P311-313、1981) を用いて試験管に試水20mlを入れ、スルファニルアミド0.3mlとナフチルアミン0.3mlを加え、20分~2時間放置する。その後5cmセル、543 nmの波長で測定した。

硝酸態窒素 (NO₃-N) : Tillman法に基づき、試水2.5mlとり、NaCl飽和溶液を2滴入れ振り混ぜる。5ml Tillman試薬をいれ、よく攪拌させる。水温が27 $^{\circ}$ C以上ならないように注意する。90分放置後、610nmの波長で測定した。

クロロフィル.a (Chl.a) の分析: アセトン (濃度92%) 10mlを、水質浄化実験で採ったChl.aサンプルの濾紙と、試水を濾過したろ紙で乳鉢ですりつぶして、遠心分離機を3000回転、15分で、抽出してChl.aをターナー光度計を用いて定量した。

IL (強熱減量) : 粒度分布と同様の方法で得た堆積物を電気炉にて650 $^{\circ}$ C で加熱し、前後の重量より定量した。

2-4. 観測日

観測日は以下の表1に示した。なお、これまでの調査結果で得られている測定値の中で、1999年、2000年2003年、2006年、2007年および2008年の結果も参考にした。

表1 調査日詳細表

日付	時間帯	天候	最大干潮時刻	藤前干潟潮位 (m)
3月24日	昼間	晴れ	13:18	0.26
4月19日	昼間	晴れ	11:27	0.38
5月6日	昼間	晴れ	12:25	-0.08
5月24日	昼間	曇のち雨	14:14	0.44
6月7日	昼間	曇	14:36	0.21
6月21日	昼間	曇	13:32	0.37
7月5日	昼間	晴れ	13:39	0.13
8月29日	昼間	曇	11:02	0.38
11月14日	夜間	晴れ	0:01	-0.05

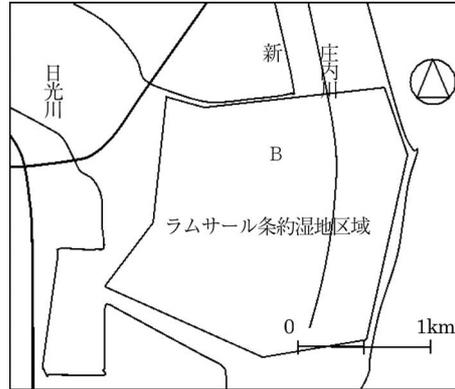


図1 調査地点地図

2-5. 採水方法

以下の方法で、大潮の最大干潮時から2時間前と2時間後の潮だまり内の海水を採水した。

潮だまり：ポリ瓶で潮溜まり内の水を採水。

底泥間隙水：底泥0～5cm、5～10cm部分をミズトールで採水

Blank：最大干潮前の潮だまり内海水をステンレス製ビーカーに入れ、その場に静置した。

2-6. 底泥コアとベントス採集

藤前干潟東部から南端部に至る以下の4点を調査点として選定した。

東西1（泥沼地帯）、東西3（砂地/河口近く）、南北2（砂地）、南北3（砂地/河口近く）を観測点として、調査日は季節変化を考慮し、3/24・4/19・5/24・6/21・9/1の5回観測した。

底泥粒度分画：アクリルパイプ（直径5.5cm,全長33cm）を調査地点に打込み、採取した試料を0-2.5,2.5-5,5-10,10-15,15-20cmの5層に分け、それぞれ500,250,125,75 μ mの篩にかけた後110℃で乾燥させ、前後の重量を計測した。分画した粒子区分は以下に示す。粗粒砂：>500 μ m、中粒砂：500-250 μ m、細粒砂：250-125 μ m、極細粒砂：125-75 μ m、シルト・粘土：<75 μ m。

2-7. ベントス

コドラート調査：藤前干潟に生息する二枚貝の個体数を調査した。特定の地点で縦50cm×横50cm×深さ25cmの砂泥をバケツに採取し、その砂泥に生息する二枚貝の個体数を数え、篩上に残った二枚貝の殻長を計測する。1回の調査につき図1のA、B、C、Dの4地点中から3地点を選んで行った。

貝の採集：浄化作用の測定実験に使用するための二枚貝を採集した。干潟部に生息する二枚貝に限らず、沿岸部の岩石やコンクリートなどに付着している二枚貝の採集も行った。

2-8. 浄化実験

二枚貝が自然界でどのように物質を変化させているのかを、実験によって検証した。また、生物が自然界の昼夜によって活動が変化する可能性を推定し、明条件（昼）と暗条件（夜）に分けて実験を行った。水槽に人工海水とキートセラス培養液を入れて実験水とし、水槽の実験水を2.5Lずつ4つの容器に移した。実験する種の二枚貝を数個体用意し、明暗条件とする2つの容器に分けて入れ、残りの2つの容器は貝を入れずにblankとした。それぞれの容器から実験水を適量取り出し全有機炭素（TOC）、全窒素（TN）のサンプルとした。また、その実験水から濁度を濁度計（分光光度計V-550）で測定した。取り出した実験水は濾紙（GF/F47mm）を使って

3ml濾過し、濾紙上に溜まったキートセラスをクロロフィルa (Chl.a) サンプルとした。同様の濾紙を用いて適量濾過し、濾過された溶液を全炭素 (DOC) のサンプルとした。各項目のサンプルを採集する作業を1時間ごと、0時間後から6時間後まで繰り返した。

実験に用いた二枚貝

イガイ科：コウロエンカワヒバリガイ *Xenostrobus securis*

イタボガキ科：マガキ *Crassostrea gigas*

オキナガイ科：ソトオリガイ *Laternula marilina*

シオサザナミガイ科：イソシジミ *Nutella olivacea*

シジミ科：ヤマトシジミ *Corbicula japonica*

マルスダレガイ科：アサリ *Ruditapes philippinarum* ・ オキシジミ *Cyclina sinensis*

シオフキガイ *Macra veneriformis*

3. 結果および考察

3-1. 潮だまりと底泥間隙水

3-1-1. 潮だまり内と底泥間隙水の窒素 (TN) の浄化 (最大干潮の2時間前と2時間後の差)

潮だまりにおける2003年から2004年の全窒素 (TN) の干潮前後の変化を図示すと図2になる。また、2006年における潮だまりと底泥間隙水のTNの結果を表2と表3に示した。潮だまり・底泥におけるTNの減少は、干潮前後のTNの干潮前後の測定から算出した。

なお、現地調査の結果より、100m²あたりに存在する潮だまりの個数は、平均60個である。同時に干潟表面100m²あたりに潮だまりが占める割合は30%である。藤前干潟の総面積は約90ha⁴²⁾であり、潮だまりが占める面積は約27ha、底泥が占める面積は約63haである。

3-1-2. 2003と2004年の藤前干潟全体のTNの変化量について

平均で減少量は7.5mgN/lとなり、よって、潮だまりにおける窒素の増減量は、7.5mg/個×60個/100m²=450mg/100m²=4.50mg/m²より、∴90ha=4.5×90×10⁴ mg=40.5×10⁴ mg=4.5kg/90haとなり、この値は雑排水と頻尿の汚濁負荷については全国平均TN11g/日/人から、409人分と概算される。

3-1-3. 2006年藤前干潟全体のTNの変化量について

表2の結果より、潮だまりの全地点と全調査日のTNの減少量の平均1.67mg/lから、また、表3の結果より、底泥間隙水はTNの減少量の平均11.61mg/lとなる。よって、潮だまりにおける窒素の増減量は、1.67mg/個×60個/100m²=100mg/100m²=1mg/m²より、∴90ha=1×90×10⁴ mg=0.9×10⁶ mg=0.9kg/90haとなる。

底泥間隙水のTN減少量は、11.61 mg/l=11.61g/m³11.61×0.05g/m²=0.5805g/m²、∴0.5805×63×10⁴m²=36.855×10⁴ g/90h、また、含水率を考慮して369kg/90ha×含水率=369kg/90ha×0.3=111kg/90haと見積もられた。

この結果、潮だまり+底泥間隙水は、0.9kg/90ha+111kg/90ha=111.9kg/90ha、つまり1回の干潮で藤前干潟全体 (90ha) でのTNの減少量は約111.9kgと考えられる。雑排水と頻尿の汚濁負荷については家庭下水基本原単位は全国平均TN11g/日/人なので (菊池ら、2008)、藤前干潟では111.9×10³g÷11=10.17×10³人=10170人分の浄化力が見積もられた。

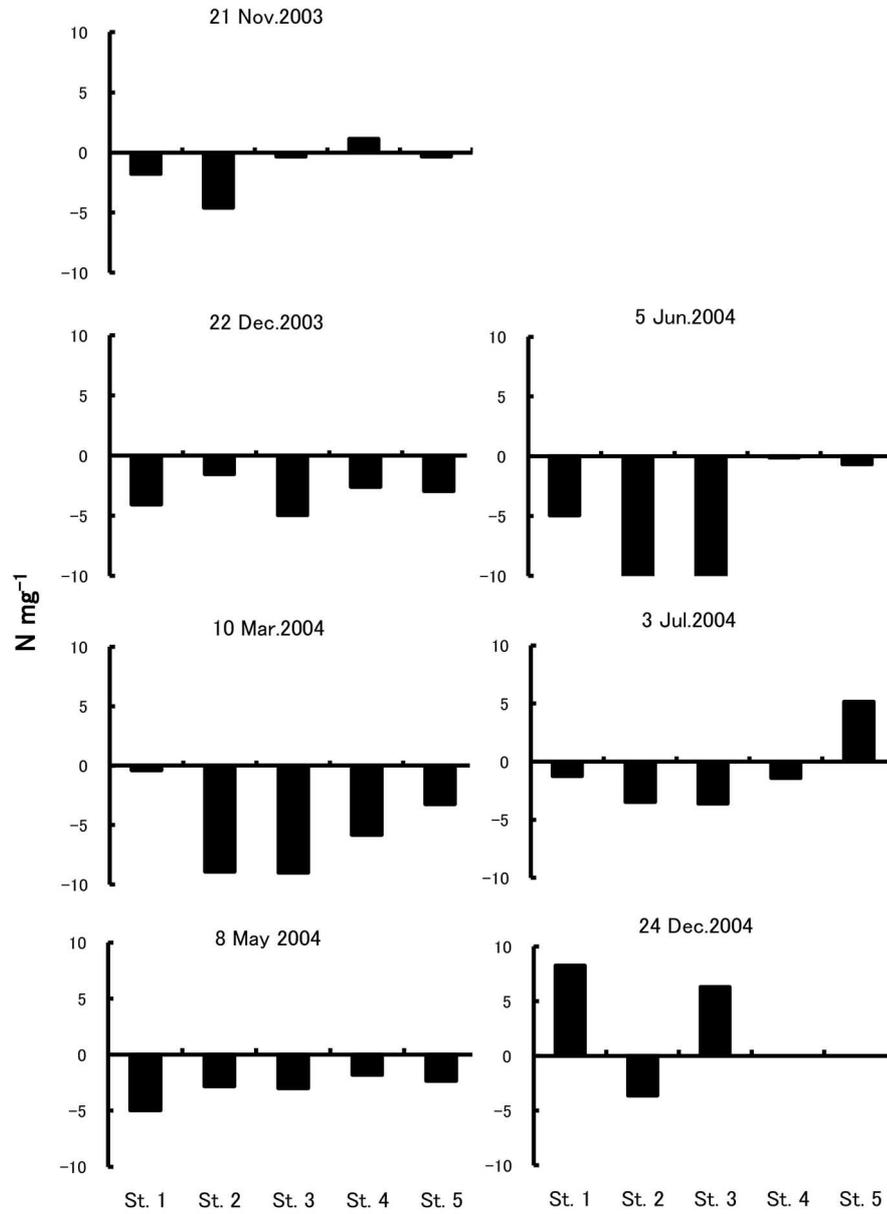


図2 2003年～2004年の全窒素(TN)の最大干潮前後における変化量
(グラフ中の前後とは、最大干潮の2時間前と2時間後を言う)

表2 2006年潮だまりにおけるTNの干潮前後の変動 (Nmgl⁻¹)

	4月 15日	5月28 日	6月25 日	8月25 日	11月3 日	平均
St.1	-6.88	-0.08	0.14	2.65	-1.90	-1.21
St.2	-1.89	-1.77	-0.37	0.20	-1.80	-1.12
St.3	-8.05	-1.38	-2.20	0.69	-1.33	-2.46
St.4	-5.52	-0.27	-0.09	0.38	-1.29	-1.36
St.5	-7.66	-1.88	-0.15	-0.22	-1.16	-2.21
平均	-6.00	-1.08	-0.54	0.74	-1.50	-1.67

表3 2006年底泥間隙水中におけるTNの干潮前後の変動 (mgNI⁻¹)

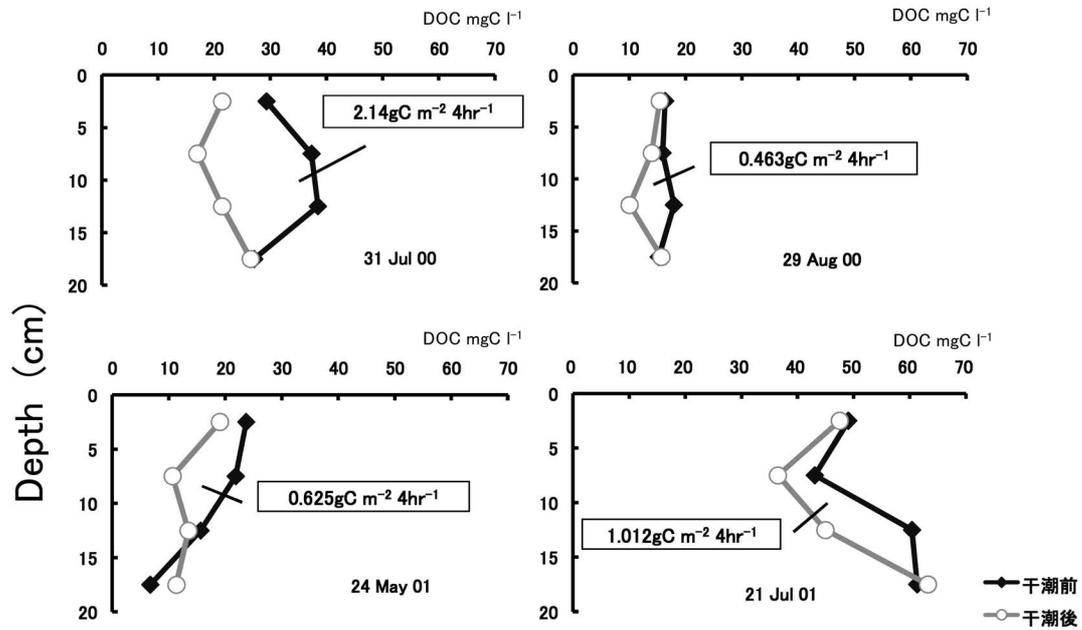
	4月15 日	5月28 日	6月25 日	8月25 日	11月3 日	平均
St.1	-5.57	-133.50	-1.94	-0.82	-0.89	-28.54
St.2	-5.02	-24.17	-1.62	-3.19	-1.74	-7.15
St.3	-11.20	-16.77	-3.61	-4.79	-1.70	-7.61
St.4	-2.62	-42.35	-3.36	-0.45	-3.71	-10.50
St.5	-1.60	-13.19	-3.14	-0.45	-2.80	-4.24
平均	-5.20	-46.00	-2.73	-1.94	-2.17	-11.61

3-2. 底泥間隙水および潮だまりにおける炭素量の変動

3-2-1. 1999年、2000年の干潮前後における底泥間隙水中のDOCの変動

1999年、2000年の底泥間隙水中のDOC増減を示すと図3になる（1999年と2000年に測定）。St.A、St.Bともに干潮前よりも干潮後に減少する傾向がはっきりと認められた。減少量としては、St.Aは7月31日に最大で $+ \Delta 2.14 \text{gC m}^{-2} 4\text{hr}^{-1}$ 、St.Bは7月21日に最大値を示し、 $+ \Delta 3.76 \text{gC m}^{-2} 4\text{hr}^{-1}$ であった。また、20～25cm層付近から干潮前後の差は見られなくなったことから、この辺りから干上がった事による酸素の影響はなくなっていると思われる。この減少は干上がることにより、空気中の酸素が底泥中に入り込み、好気性細菌が活発に活動し、有機物を分解したために起こったと思われる。この好気性細菌の活動は、光合成により酸素が作られる昼間に特に活発化することが判明した。この値より、241.5kgCの現象となり、11,130人の浄化力を持つことになる（家庭下水基本原単位の尿尿と雑排水の合計で見積もられるBODを炭素Cに換算し、21.7mg/日/人を基準とした（菊池、2008））。

St.A



St.B

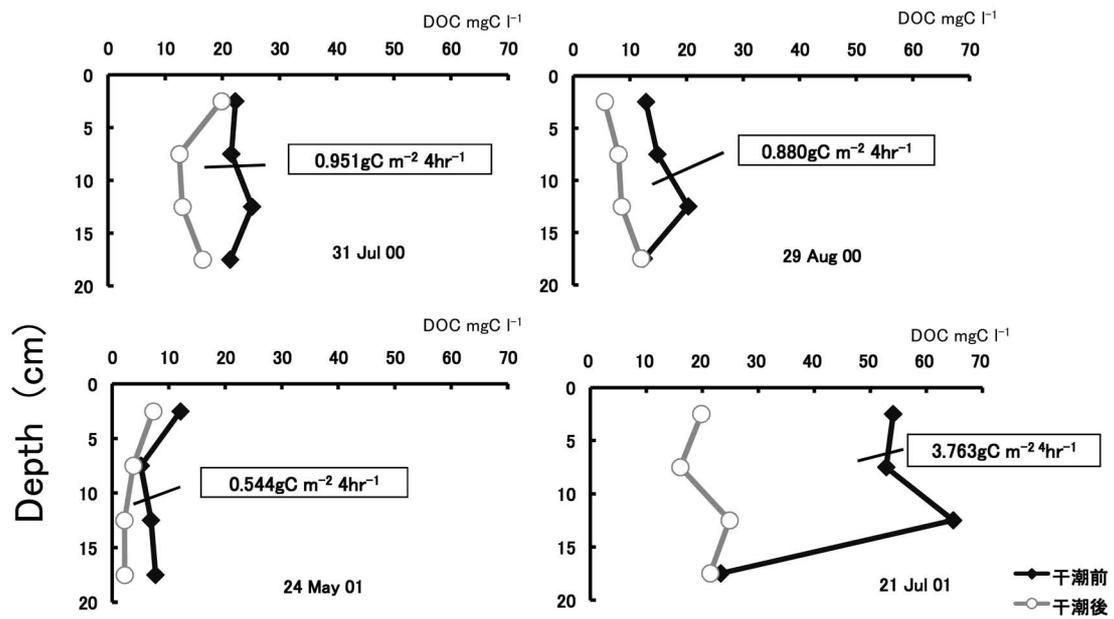


図3 底泥間隙水中におけるDOCの干潮前後の増減 (1999～2000)
底泥間隙水中の(0-20cm)のDOC干潮前後における増減量 (gCm⁻²4hr⁻¹)

3-2-2. 2006年から2008年までの潮だまりにおける溶存態炭素(DOC)の浄化

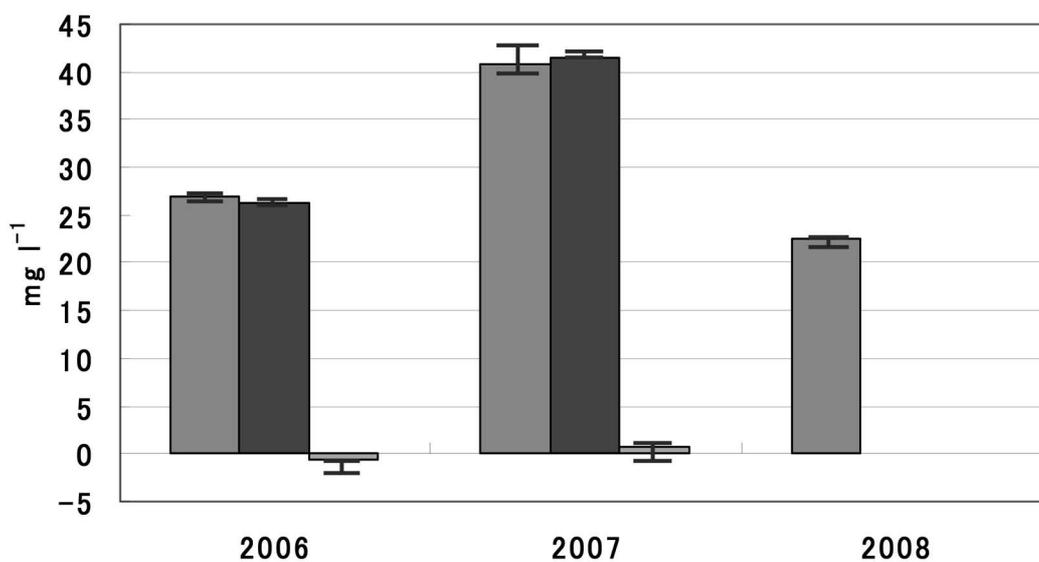
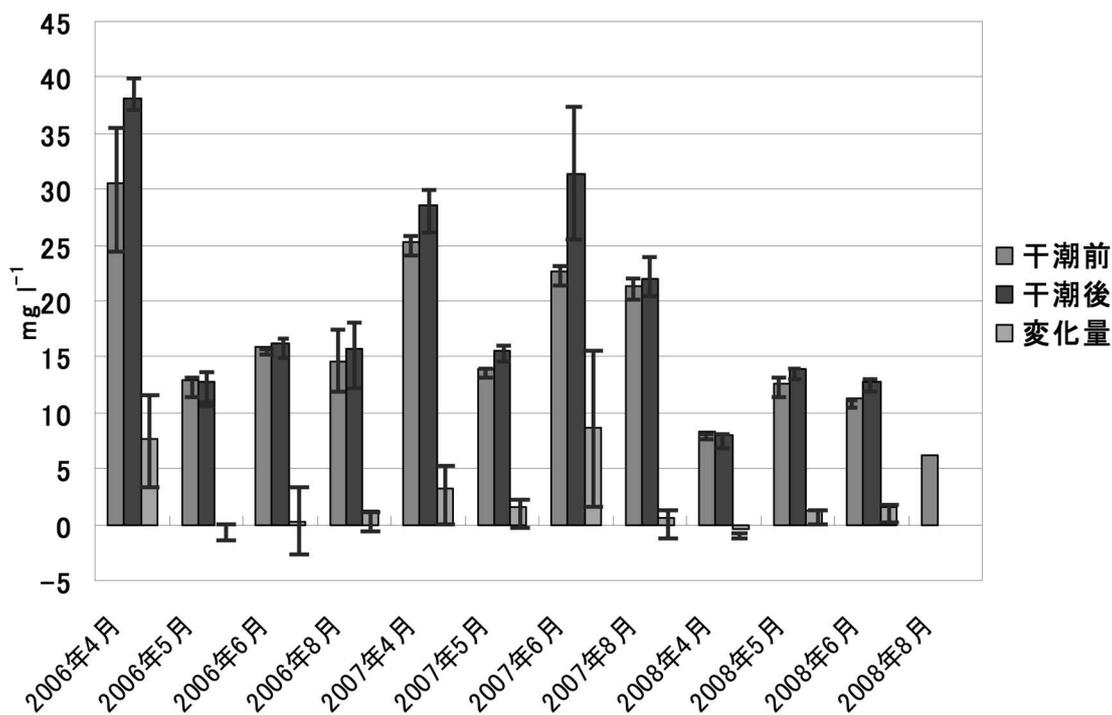


図4 2006～2008年のDOC変化量 昼間(上) 夜間(下)

DOCの増減は、全ての月において、干潮後に増加傾向平均にある(図4)。このことより、底泥からの流出や、分解途中の懸濁有機態炭素がDOCになったと考えられる。また、夜間は年間を通して高い値となったが、これは調査日が11月であったために水温が低く、バクテリアの活動が鈍くなったためと考えられる。

各年度毎の潮だまりにおけるDOC増減結果を示すと、以下のようになる。

2006年：潮だまりにおけるDOC変化量平均は -1.67 mg l^{-1} となり、干潟全体で、 8.1 kg day^{-1} のDOCが減少し、これは370人分の浄化力に値した。

2007年：潮だまりにおけるDOC変化量平均は -2.94 mg l^{-1} となり、干潟全体で、 14.3 kg day^{-1} のDOCが減少し、658人分の浄化力に値した。

2008年：潮だまりにおけるDOC変化量平均 -0.79 mg l^{-1} となり、干潟全体で、 3.84 kg day^{-1} のDOCが減少し、90人分の浄化力に値した。(汚濁負荷原単位 炭素C 21.7 mg/日-人)

なお、DOCはBlankが減少し、潮だまり内の水においても、好気性細菌によって有機物分解が生じてDOCを減少させる能力があると考えられた

3-2-3. 2007年から2008年までの潮だまりにおける全有機態炭素(TOC)と溶存有機態炭素(DOC)の増減から見た浄化

過去2年のTOCの全月平均値から浄化を求めた。TOCにおいても、DOC同様2008年は2007年より低い値となった(図5)。最大干潮前に比べて、Blankで減少していることから、潮だまり内の水にTOCを減少させる能力があると考えられる。

有機物懸濁物質(BOD)の無機化にはその有機物を利用する生物、彼らの代謝に必要な微量、pHの他、物質溶存酸素濃度や水温などが重要な要因となるが、今回の観測結果からは、溶存酸素(DO)飽和度・水温と溶存有機態炭素の変化量の間で目立った関連性は認められなかった。ただし水温とTOCやDOCの関係を見ると、微生物の活性が強まる4・5月にTOC, DOCの減少が多く見られた(図6, 図7, 図8)。

3-2-4. 藤前干潟における炭素量の変化

潮だまり

潮だまりにおける炭素量の変動は先に述べた窒素の計算法に従い、概算した結果は12200人となった。

潮だまり周辺底泥

潮だまりの周辺における底泥については、 $100\text{ m}^2 \times$ 深度 0.05 m の底泥間隙水量より求めた。底泥の平均含水率は35.32%であるから、 $5.00 \times 0.35 \approx 1.77 \therefore 5.00\text{ m}^3$ の間隙水の体積は 1.77 m^3 、炭素変化量の単位を $[\text{mg l}^{-1}]$ から $25.28[\text{mg l}^{-1}] = 25.28[\text{g m}^{-3}]$ 、変化は底泥間隙水中の反応なので、 $1.77 \times 25.28 = 44.6$ となり、潮だまり周辺底泥 100 m^2 あたり $0.04\text{ [kg m}^{-2}]$ の炭素が減少していると概算できる。よって、藤前干潟の地表面に底泥が占める面積は約63haであるから($100\text{ m}^2 = 0.01\text{ ha}$) $\therefore 0.04[\text{kg}] \times 63 \times 100 = 281.2 \approx 11960$ 人と見積もられた。

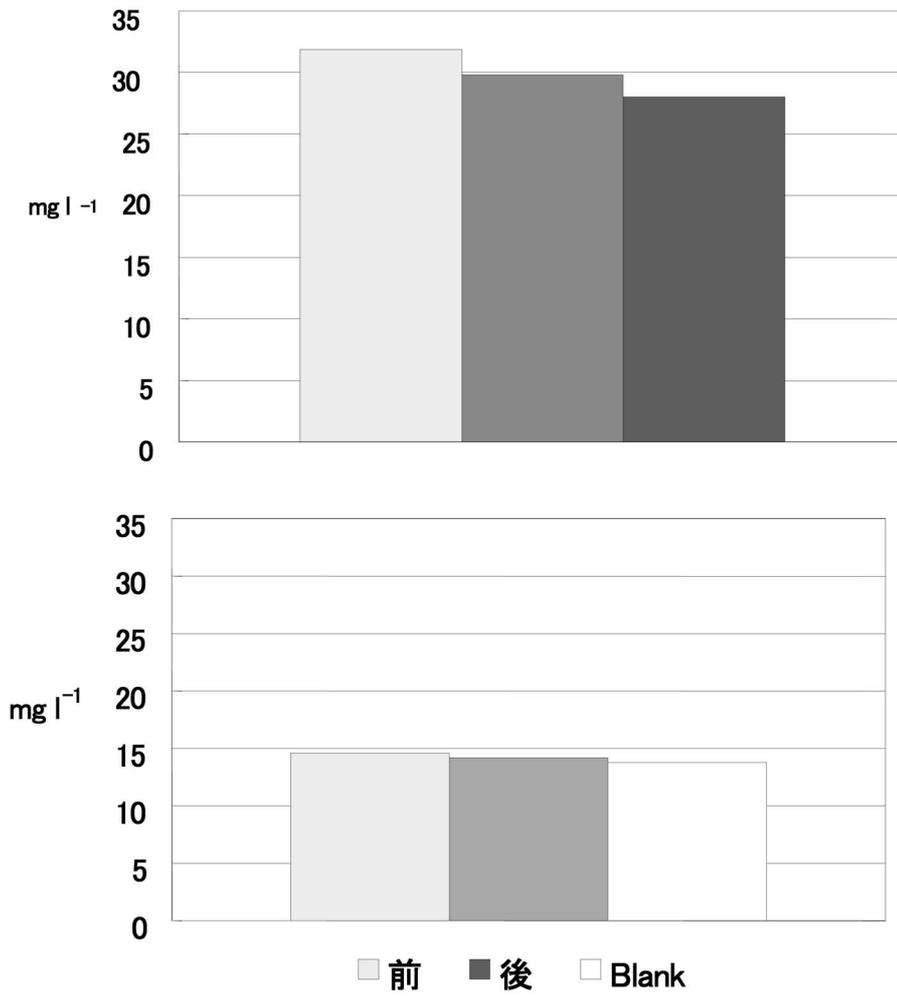


図5 潮だまりにおけるTOCの測定値全月の平均流出量 2007(上) 2008(下)

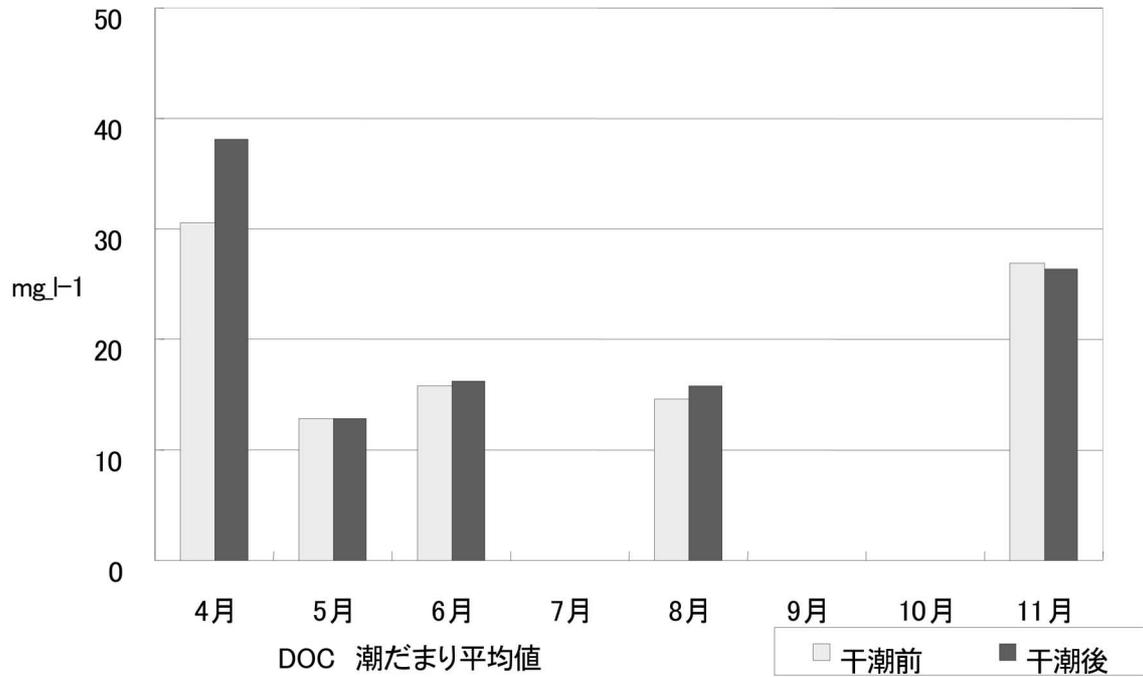


図6 潮だまりにおけるDOCの各月ごとの平均値

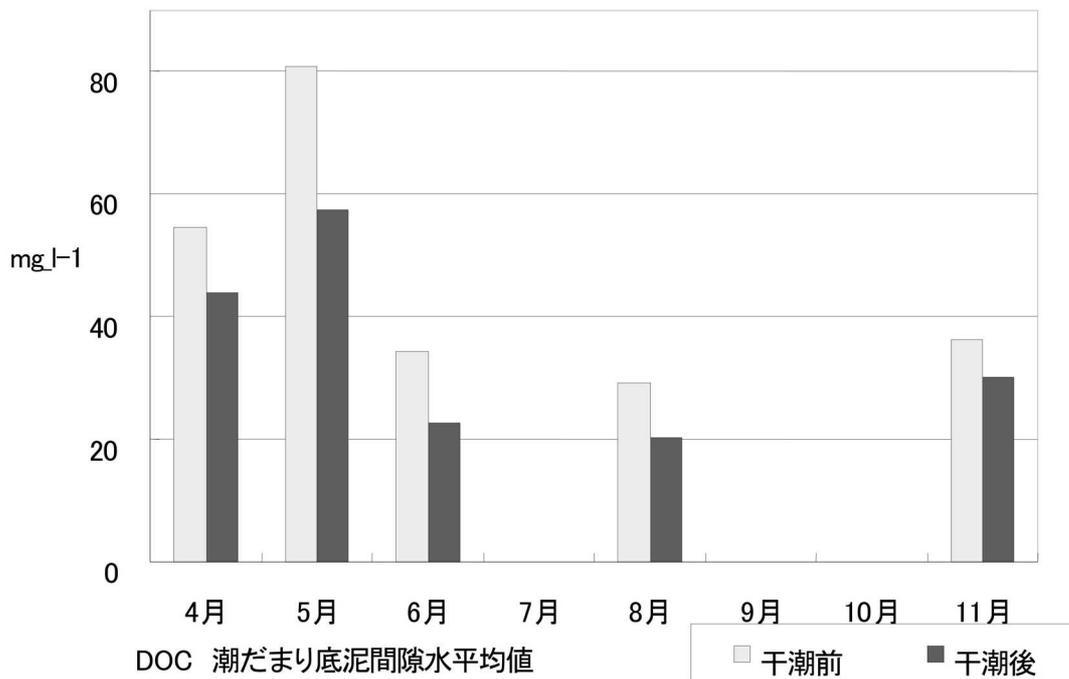


図7 DOC 潮だまり底泥間隙水の月ごとの平均値

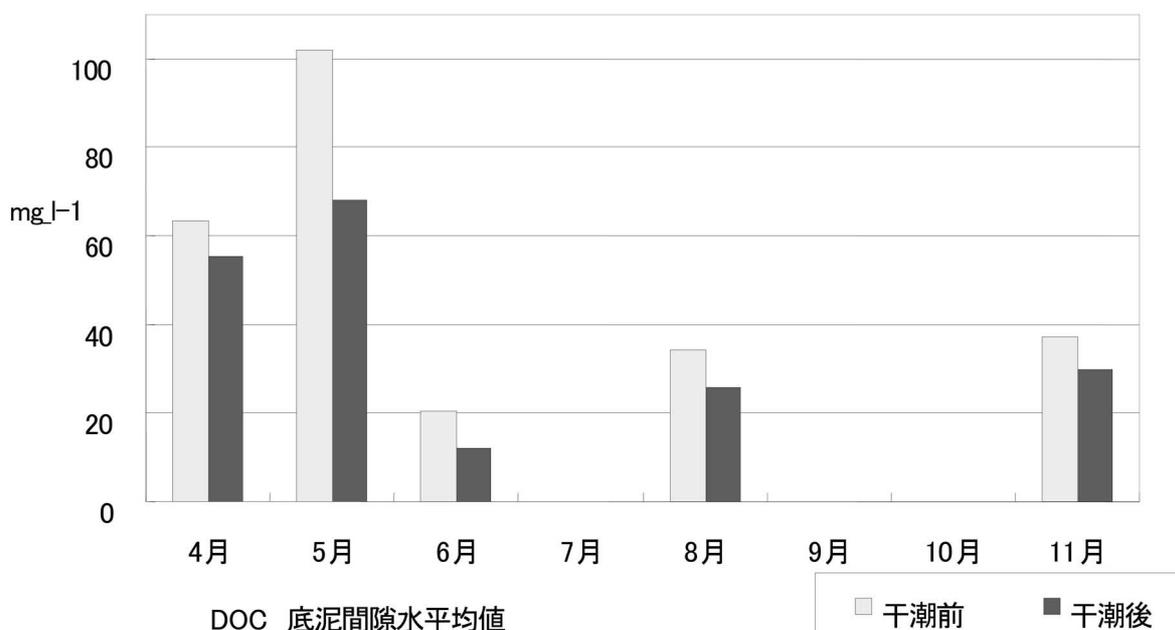


図8 DOC 底泥間隙水の月ごとの平均値

3-2-5. 2008年における結果

干潟の干潮前後2時間（計4時間）でのSt.1-5すべての地点の潮だまりでの炭素の変化量を合計すると+1.64mg l⁻¹の増加であった。よって、藤前干潟の潮だまり全体では+264.9kgday⁻¹の溶存態炭素が潮だまりに溶出していると考えられるが、この値で、満潮時には海水に溶出され、底泥からは炭素が除去され、浄化されたことになる。潮だまり周辺底泥での炭素の変化量は、合計-25.28mg l⁻¹の減少で、藤前干潟の潮だまり周辺底泥全体では-281.2kgday⁻¹の炭素が減少している。よって、264.9+281.2kgday⁻¹（25,168人→約25,000人相当）の炭素がこの系から出て行くと概算された。

潮だまりにおけるTNの浄化量についても炭素と同様に計算すると、全潮だまりの窒素変化量平均-0.03mg l⁻¹～-0.40mg l⁻¹となり、最大値からは-0.40×9×60/100=-2.16
∴ 90ha=-2.16×90×104=-2.02kgday⁻¹となり、1,836人分の浄化と概算される。なお、2007年では、平均-3.3kgday⁻¹の減少が観測されており、この値からは約3,000人分に見積もられる。一方、これまでの観測結果から、しばしばTNの増加も認められ、この場合には周辺底泥からの溶出が有ると推定されるが、いずれにせよ、底泥は浄化されていると行って良い。

3-3. 底泥二枚貝から見た浄化

3-3-1. 粒度分布

粒度分布を調査した底泥は、藤前干潟内の特徴を示している、泥質、砂泥、砂地を考慮して観測した。

東西1：粒度分画については、4月と9月を比較すると粗粒砂が0.1倍に減少しており、シルト・粘土は1.57倍に増加した。近くの南北2と比較した結果、中粒砂は0.29倍、シルト・粘土は4.32倍であることから、特徴に大きく違いが明らかとなった。ILは4月と6月の平均は

3.25%で、他の3地点と比較すると1.23倍高い値であった。しかし、昨年の平均値は6.55%であったことから、有機物堆積は減少していると考えられた。ベントスについては、イトゴカイは4月には2672個・m²と、高い値を示したが、9月には704個・m²と、約75%減少した。ソトオリガイは、4月から6月には平均約20個・m²であったが、9月には0個・m²であった。他地点と比較し最大で323倍生息しており、有機物の堆積が進んだこの地点は他生物の生息が確認できなかった。以上より、有機物堆積は減少傾向にあったがシルト・粘土は増加した事から、土砂堆積によるものと考えられる。ベントス（イトゴカイ・ソトオリガイ）の減少は土砂堆積が影響していると推測された。

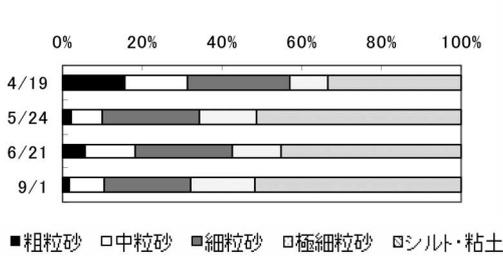


図9-1 粒度分画

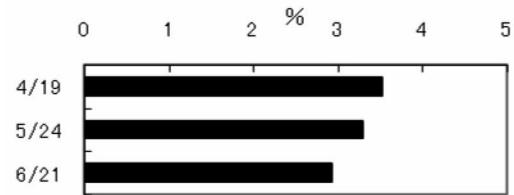


図9-2 強熱減量IL

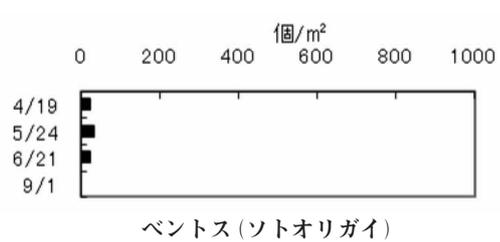
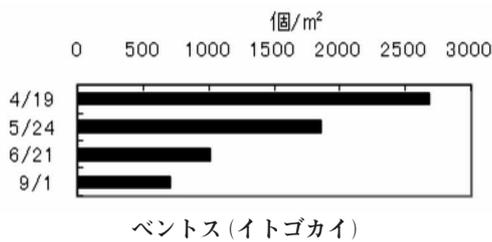


図9-3 東西1の各項目比較

東西3：3月から5月には、シルト粘土は平均5.9%であったのに対し、6月と9月の平均は23.7%と6.2倍と急増した。同時期のILは1.5倍に増加した。ベントスについては同時期の急激な変化は見られなかった。しかし、9月にはヤマトシジミは420個・m²、ソトオリガイは80個・m²と、最も高い値であった。イトゴカイについては、他地点と比べて個体数は少なく、4月以降の大きな変化は見られなかった。シルト粘土の増加は、有機物堆積による事が明らかとなり、この地点は汚濁が進んでいる新川底泥の潮汐時による巻き上がりの影響を受けていると推測された。しかし、顕著な有機物堆積が観測された後は、ベントスのヤマトシジミ・ソトオリガイが急増しており、生息環境は良くなったと考えられた。

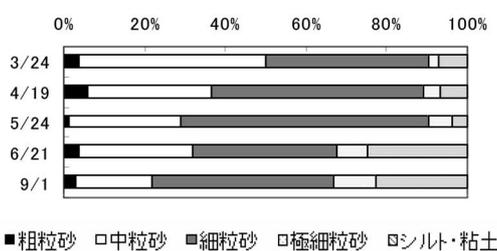


図9-4 粒度分画

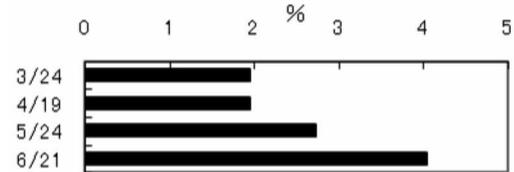


図9-5 強熱減量IL

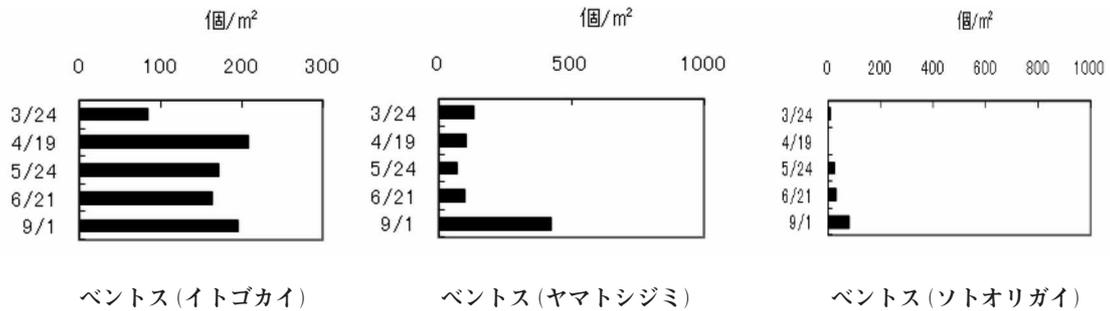


図9-6 東西3の各項目比較

南北2：粒度分画については、各分画の急変は見られず、年間を通じ安定した組成を保っていた。ILは5月のみ3.09%と、他の3回の結果と比較して、1.4倍高い数値を示した。ベントスについては、イトゴカイが5月から6月に800個・m²から142個・m²に激減したが、その後ヤマトシジミは612個・m²と最高値を示し、ソトオリガイも増加傾向を示した。粒度分画とILは大きな変化が見られなかったのに対し、ベントスについては3種とも大きく変動した。現地地点でのベントスの変動は底泥の影響ではなく、他の要因が考えられる。

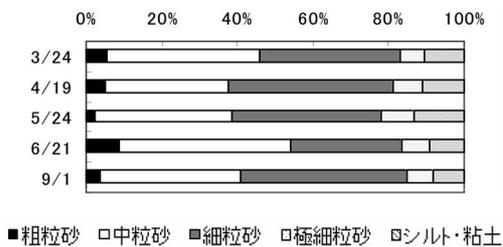


図9-7 粒度分画

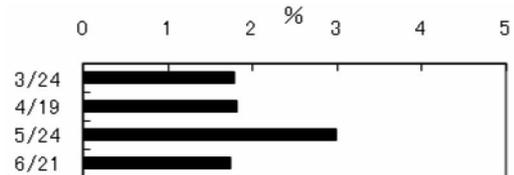


図9-8 強熱減量IL

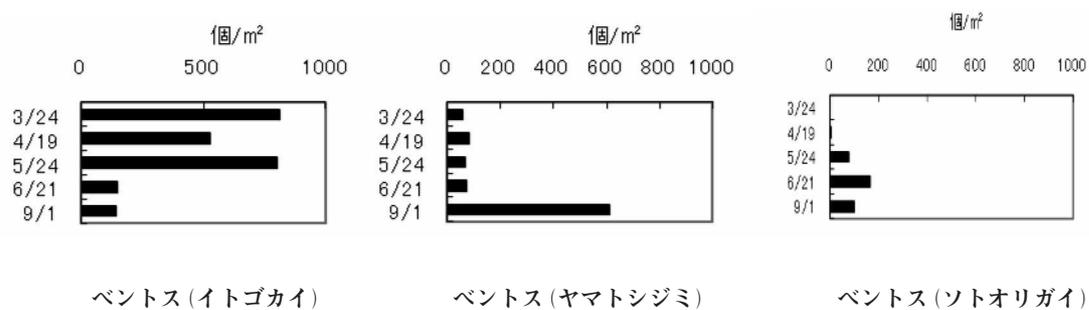


図9-9 南北2の各項目比較

3-3-2. 藤前干潟に生息する二枚貝の個体数

藤前干潟の調査は3月24日、4月19日、5月24日、6月21日に行った。コドラート調査を行った結果、ヤマトシジミ (ヤ)、ソトオリガイ (ソ)、オキシジミ (オ)、シオフキガイ (シ)、アサリ (ア) を採集することができた。

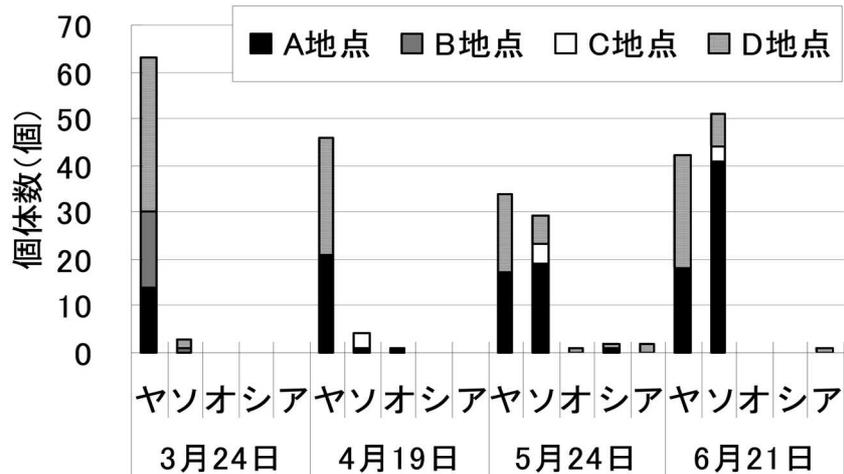


図10 コドラート調査による採集量

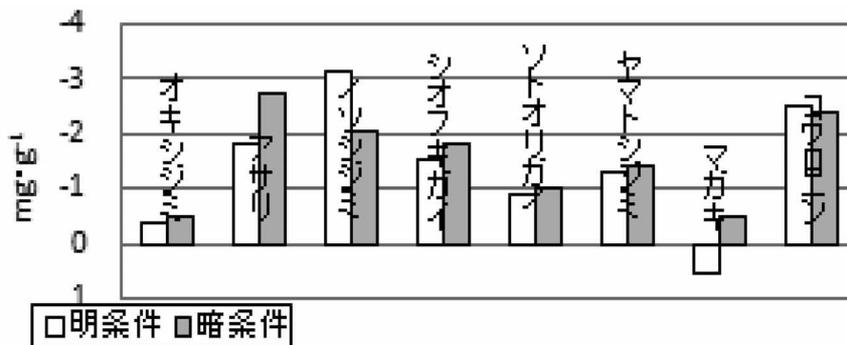


図11 6時間後のTOC吸収量

3-4. 室内実験

3-4-1. 時間後の物質吸収量

二枚貝を入れた容器内における水中の物質の変化から同時に行なったブランクの変化を差し引く事で、二枚貝が軟体部湿重量1gあたりで6時間後までに吸収した物質量を算出した。図では負の値の方向に吸収を示した。

実験によって得られた水中の物質変化量から二枚貝が6時間で吸収したTOC、DOCの量を算出した。TOCは明条件で最も吸収したのはイソシジミの3.14mg·g⁻¹であり、暗条件で最も吸収

したのはアサリの、 $2.7\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ であった。TN値において、明条件でもっとも吸収したのはコウロエンカワヒバリガイの $0.729\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ であり、暗条件ではアサリの $0.481\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ であった。TOC、TNを比較したところ、イソシジミ、コウロエンカワヒバリガイは明条件でより吸収しておりアサリ、オキシジミ、ヤマトシジミは暗条件でより吸収していた。

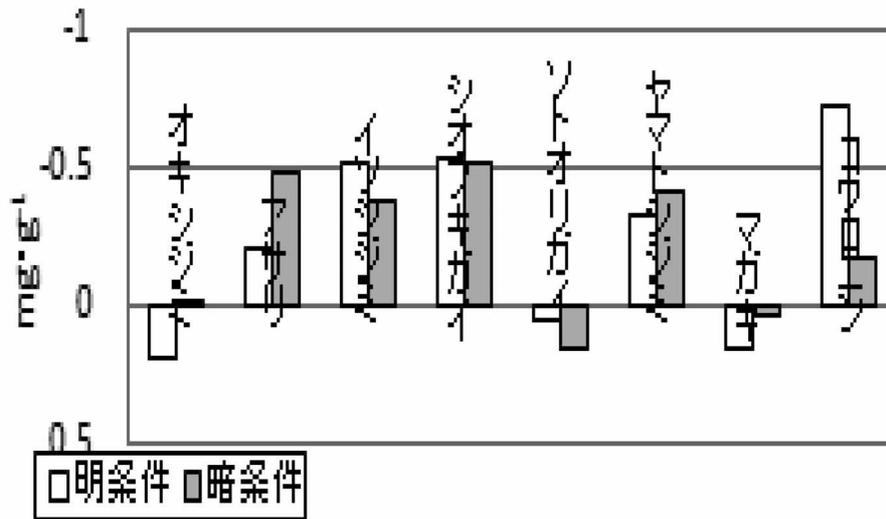


図12 6時間後のTN吸収量

3-4-2. DOC、POC吸収量の比較

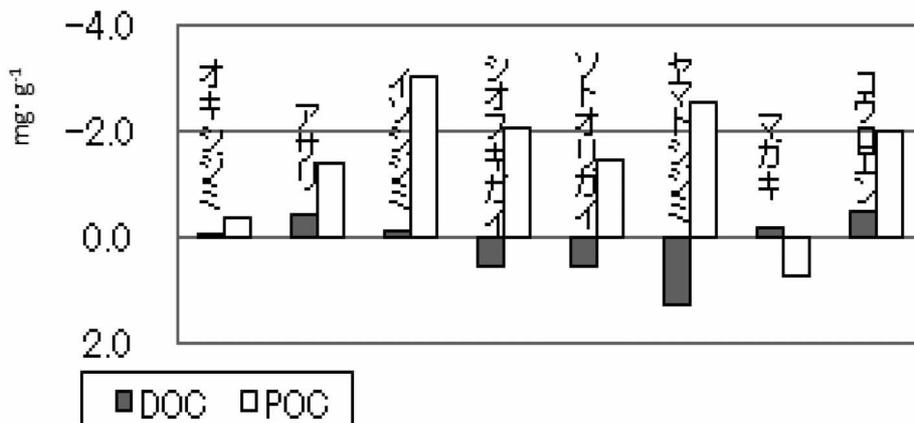


図13 明条件でのDOC、POC変化量比較

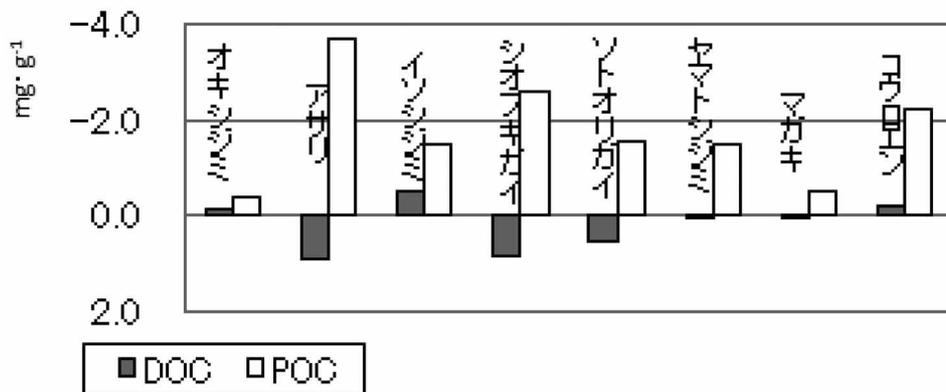


図14 暗条件下でのDOC、POC比較

有機物について、懸濁態と溶存態の吸収量の比較を示した。POCは $POC = TOC - DOC$ により求めた。明条件のマガキを除いた全ての二枚貝は、POCを吸収していた。明暗条件ともにDOCを排出したのはシオフキガイ、ソトオリガイで、吸収したのはイソシジミ、コウロエンカワヒバリガイ、オキシジミであった。全ての二枚貝でDOCよりもPOCの変化量が大きく、二枚貝は主に懸濁態の有機炭素を吸収したと考えられる。

3-5. 藤前干潟の貝による物質吸収量

実験から得られた値を元に調査日の条件（日照時間、藤前干潟に生息する個体数）を用いて、藤前干潟で1日に起こる物質質量の変化を算出した。なお、コドラート調査において5種の二枚貝が採集できた5月24日の条件で算出した。

コドラート調査により得られた二枚貝の殻長と縦50cm×横50cm×深さ25cmに生息する個体数のデータから、藤前干潟の干潮時に干上がる面積（90ha）に生息する二枚貝の軟体部湿重量（以下湿重量と表記）を算出した。5月24日では、藤前干潟に生息する貝の総湿重量は98.1tであった。また、コドラート調査での採集した個体数はヤマトシジミが34個、ソトオリガイが29個でヤマトシジミの方が多かったが、藤前干潟に生息する貝の湿重量はヤマトシジミが27.7t、ソトオリガイが63.6tとなり、ソトオリガイはヤマトシジミの倍以上の湿重量があった。

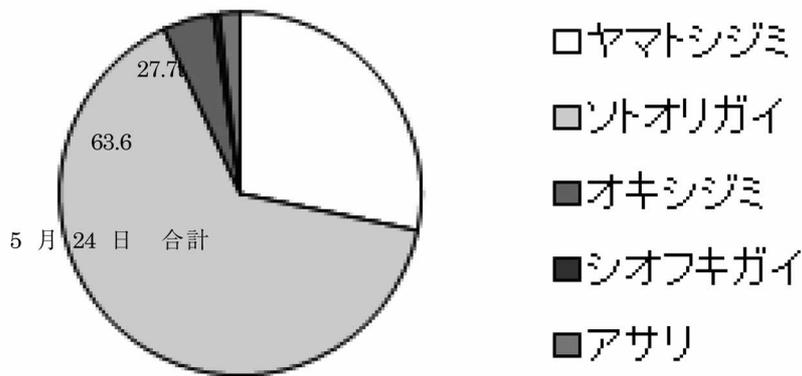


図15 藤前干潟に生息する5種の二枚貝の総湿重量

3-6. クロロフィルa(Chl. a)の比較

一次生産や物質循環の視点から植物プランクトンの現存量を知るための最も実用的な方法は、植物の光合成において基本的な役割を果たしているクロロフィルの量を測定することである。前半の平均値は $26.6 \mu\text{g l}^{-1}$ 、後半の平均値は $28.9 \mu\text{g l}^{-1}$ であり、後半の値が大きい(図16)。このことより、潮だまり周辺から流れてきた水によって付着藻類が巻き上げられたと考えられる。前後で値が増加する理由は、藻類などが光合成によって成長することや、潮だまり周辺の底泥から流入してくることなどが考えられ、減少する理由は、貝などによる食餌や吸着など様々な要因が考えられる。

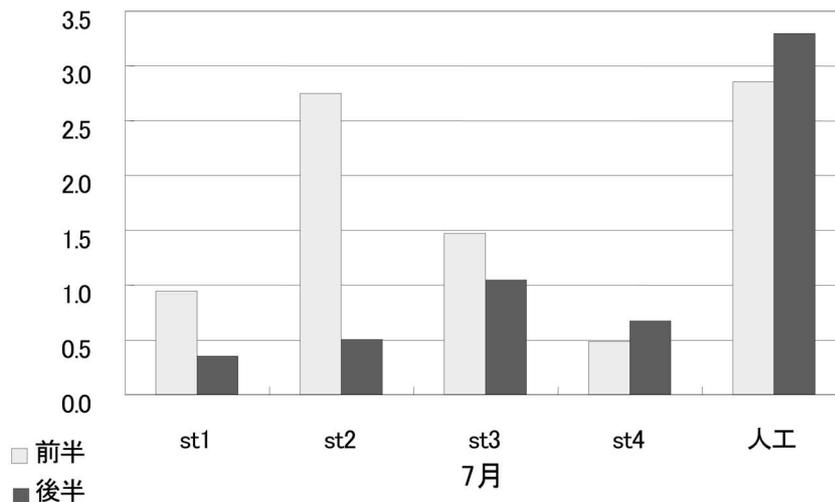


図16 2007年7月の各地点におけるクロロフィル量の変化(単位 $\mu\text{g l}^{-1}$)
人工とは人為的に干潟内に潮だまりを作った潮だまりを示す。

3-7. 藤前干潟の貝による浄化作用

二枚貝による1日あたりの炭素と窒素の増減は、実験に用いた二枚貝が一日あたりに藤前干潟で吸収する物質量を算出するために、貝ごとに明条件と暗条件に分けた1時間、湿重量1gあたりの物質吸収量を求め、明条件を日照時、暗条件を日没時と仮定した。また、干潮時には物質の吸収が行われていないと考え、1日の半分である12時間分を1日分とした。

実験に用いた二枚貝が藤前干潟90haにおいて5月24日の条件で1日あたり吸収する物質量を算出した。考察では吸収量を浄化量とするため、正の値に吸収量を示した。

有機炭素ではTOCを209kg・day⁻¹吸収し、DOCを113kg・day⁻¹排出し、POCを322kg・day⁻¹吸収した。窒素ではTNを8.95kg・day⁻¹吸収し、TDNを7.33kg・day⁻¹排出し、PONを16.3kg・day⁻¹吸収した。濁度は696kg・day⁻¹、Chl.aは23.3kg・day⁻¹吸収した

藤前干潟に生息する5種の二枚貝による変化量を合計した結果、TOC、TN共に吸収されたが、藤前干潟に生息する貝の総湿重量の割合でソトオリガイが60%以上を占めていたため、TNの吸収量はTOCに比べて小さくなった。窒素は季節によって大量発生する種によって1日あたりの変化量が全く異なると考えられる。

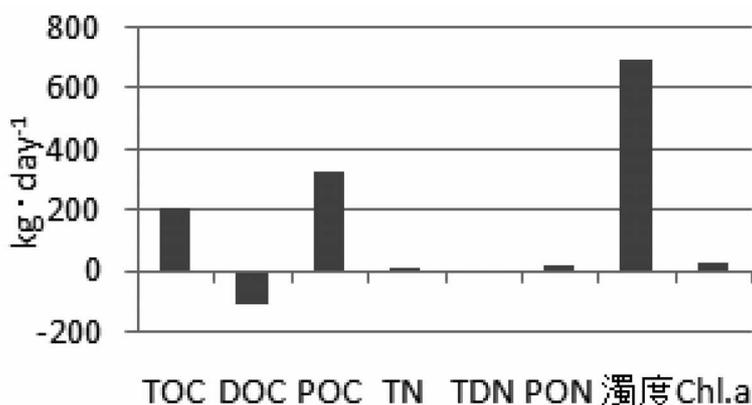


図17 藤前干潟に生息する5種の二枚貝による水質浄化量

3-8. 人間活動との比較

潮だまりの調査結果から、干潟の干潮前後2時間（計4時間）での全ての地点の潮だまりでの変化量を合計すると、炭素は0.41mg l⁻¹の減少、窒素は0.03mg l⁻¹の増加であった。よって、藤前干潟（90ha）の潮だまり全体（27ha）では1.99kgの炭素が分解され、0.14kgの窒素が発生しており、これは炭素が91人分の浄化、窒素が12人分の発生に値する。

藤前干潟に生息する二枚貝にどのくらい水質浄化作用があるのかについて、人一人が一日あたりに排出するTOC、TN量と、藤前干潟に生息する貝の浄化量を元に、藤前干潟に生息する貝類によって1日あたり何人分の浄化が行なわれているのかを考察した。

人一人あたりのTOC排出量は21.7 g・人⁻¹・day⁻¹であり、TN排出量は11 g・人⁻¹・day⁻¹であった。5月24日の条件で藤前干潟に生息する二枚貝が浄化するTOCが209 kg・day⁻¹であるから、1日あたり9630人分となり、同様にTNの浄化量は8.95kg・day⁻¹であるから1日あたり810人分となった。

4. まとめ

藤前干潟における浄化力を炭素・窒素について、1) 底泥間隙水中の効果、2) 底泥潮だまりの効果、3) 底泥潮だまり直下の底泥の効果、4) 二枚貝による効果、について、それぞれ、現場と室内実験より求めた。

- 1) 炭素Cの浄化量：241.5 kgCday⁻¹→11,300人、窒素Nの浄化量：111.9 kgNday⁻¹→10,100人
- 2) 炭素Cの浄化量：264.9 kgCday⁻¹→12,000人、窒素Nの浄化量：1.87 kgNday⁻¹～3.3 kgNday⁻¹→1,000～3,000人
- 3) 炭素Cの浄化量：281.2 kgCday⁻¹→12,000人、
- 4) 炭素Cの浄化量：335.82 kgCday⁻¹→15,000人、窒素Nの浄化量：92.7 kgNday⁻¹→8,400人

とそれぞれ積算されて。また、二枚貝は濁度・クロロフィルを浄化する能力が非常に強く、実験値で濁度で696 kg·day⁻¹、Chl.aは23.3 kg·day⁻¹吸収することが見積もられた。

これらの値を総合すると、藤前干潟においては、最大干潮時に約4時間干上ることにより干潟底泥中では、炭素で約5万人分((241.5+264.9+281.2+335.8)/21.7)、窒素で約2万人((111.9+3.3+92.7)/11.0)の浄化能力を持っていると見積もられた。

5. 参考文献

- 磯野良介、中村義治 (2000) : 二枚貝による海水濾過量の推定とそれに及ぼす温度影響の種間比較、水環境学会、23 (11) ,683-689.
- 菊池泰三 (1993) : 干潟生態系の特性とその環境保全の意義、日本生態学会誌、43,223-235.
- 菊池佐智子、藤田光、望月貴文 (2008) : 伊勢湾流域1950-2000年における人間活動と物質負荷に着目した環境変遷の分析、河川技術論文集、14, 1-6.
- 黒田伸郎 (1997) : 干潟の脱窒速度の測定について、愛知県水産試験場研究報告、4, 49-56.
- 佐々木克之 (1989) : 干潟域の物質循環、沿岸海洋研究ノート、29,172-190.
- 細川恭史 (1991) : 浅海域での生物による水質浄化作用、沿岸研究ノート、29, 28-36.
- 寺井久慈、八木明彦 (1996) : 干潟間隙水中のDOCの挙動と底泥有機物分解活性、陸水学雑誌、57,83-84.
- 長谷川茂、久保添恭之、富士昭、山下和則、中舘史行 (2007) : ヤマトシジミによる水質浄化基礎試験～網走湖産ヤマトシジミによる実験、河川環境総合研究所報告第6号。
- 八木明彦、山田久美子、岡一郎、寺井久慈 (1996) : 藤前干潟内の一次生産と栄養塩類の挙動、陸水学雑誌、57,81-82.
- 八木明彦 (2001a) : 藤前干潟底泥間隙水中の溶存有機態炭素分子量分画とその変動、水処理技術、42 (9) ,419-426.
- 八木明彦 (2001b) : 藤前干潟底泥間隙水中のマンガンの動態と分子量分画による溶存有機態マンガンの挙動、水処理技術、42 (10) ,9-16.
- Yagi, A and H. Terai (2001) : Primary production and water purification in the Fujimae Tidal-Flat, Verh. Internat. Verein. Limnol., 27, 3394-3403.
- 全般的に参考とした文献
- 陸水の事典 (2006) : 日本陸水学会編集と発行

- 西條八東、三田村緒佐武（2002）：新編 湖沼調査法、96－105、講談社。
- 流域別下水道整備総合計画制度設計会議／（2008）：流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説、
P.34
- 藤前干潟を守る会公式ホームページ <http://www.fujimae.org/>
- 藤前干潟を守る会（2004、2005）：生きもの調べ隊・コドラート調査結果
- （社法）日本下水道協会（2008）：流域別下水道整備総合計画調査.流域別下水道整備総合計画制度
設計会議編。
- 増田修、内山りゅう（2004）：日本産淡水貝類図鑑②汽水域を含む全国の淡水貝類、株式会社ピー
シーズ。