

論文

藤前干潟の底泥・海水における炭素・窒素の除去
— 潮溜まり・底泥間隙水・二枚貝中心として —

八木明彦¹⁾・大八木麻希¹⁾・川瀬基弘²⁾・横山亜希子³⁾

**Self-purification of sediment and sea water in the Fujimae Tidal Flat
— Focusing on Tidal flat, Interstitial water and Bivalve living —**

Akihiko YAGI¹⁾, Maki OYAGI¹⁾, Motohiro KAWASE²⁾ and Akiko YOKOYAMA³⁾

摘 要

藤前干潟(愛知県名古屋) 90 ha における, 1日当たりの炭素および窒素浄化能力を, 潮溜まり, 底泥間隙水, 二枚貝の吸収から見積もった。浄化能力は, 潮溜まりでは, 炭素で平均95.4 kg-Cd⁻¹, 窒素で166.4 kg-Nd⁻¹ (N₂Oとして0.50 kg-Nを含む), 底泥間隙水では690 kg-Cd⁻¹, 222 kg-Nd⁻¹, 二枚貝では, 炭素は TOCとして322 kg-Cd⁻¹, 窒素は TNとして, 16.3 kg-Nd⁻¹, の値が得られ, 合算すると, 炭素は1107 kg-Cd⁻¹, 窒素は405 kg-Nd⁻¹となった。これは, 家庭下水基本原単位(汚濁負荷原単位)から概算して, 藤前干潟は1日で, 炭素は51,000人分, 窒素で37,000人分の浄化能力があることが判った。

キーワード: 干潟底泥, 炭素・窒素浄化能力, 二枚貝, 底泥間隙水, 潮溜まり

Abstract

The carbon and nitrogen purification capacity of Fujimae Tidal Flats (Nagoya City, Aichi Prefecture) was measured in tide pools, sediment interstitial water, and uptake from the seawater due to bivalves, and estimated comprehensively (per day, 90 ha) using the total of those measured values. The amounts measured in tidal flat pools were 95.4 kg-Cd⁻¹ for carbon and 166.4 kg-Nd⁻¹ (N₂O 0.50 kg-N) for nitrogen. The amounts of carbon and nitrogen also were 690 kg-Cd⁻¹ and 222 kg-Nd⁻¹ in sediment interstitial waters, respectively. In addition, bivalves absorbed TOC322 kg-Cd⁻¹ carbon and TN16.3 kg-Nd⁻¹ nitrogen in the sea. The totals were thus 1107 kg-Cd⁻¹ for carbon and 405 kg-Nd⁻¹ for nitrogen. From estimates using household wastewater basic unit consumption (basic unit of pollution load), it is seen that Fujimae Tidal Flats has the capacity for purification of carbon in an amount equal to that of 51,000 people and nitrogen equal to that of 37,000 people per day.

Key words: tidal flat, carbon and nitrogen purification capacity, bivalve living, interstitial water, tidal pool.

(2012年10月30日受付; 2014年1月10日受理)

はじめに

藤前干潟は, 伊勢湾北部沿岸に広がる渡り鳥の飛来で有名な干潟の一部で, 日光川と新川に囲まれた広さ90 haの伊勢

湾最大の河口干潟である。藤前干潟では物質代謝の研究が活発に行われ, 脱窒速度(黒田, 1997; 野原編, 2003), 一次生産量と栄養塩挙動, 間隙水中のDOC変化, 溶存態有機炭素分子量分画の変化, 鉄・マンガンの挙動を明らかにし

¹⁾ 愛知工業大学 〒470-0392愛知県豊田市八草町八千草1247, Aichi Institute of Technology, 1247 Yachikusa Yakusa-cho Toyota, Aichi 470-0392, Japan.

²⁾ 愛知みずほ大学 〒467-0867 愛知県名古屋瑞穂区春敲町2-13, Aichi Mizuho College, Shunko-cho 2-13, Mizuho-ku, Nagoya, Aichi 467-0867, Japan.

³⁾ (株) ウォーターエージェンシー 〒162-0813東京都新宿区東五軒町3-25, Water Agency INC. Shinjuku-ku 162-0813, Japan.

た一連の報告(寺井・八木, 1996; 八木ほか, 1996; 八木, 2001a, b; Yagi and Terai, 2001), 貝類による炭素・窒素の取り込み量の測定(川瀬ほか, 2009a)がある。藤前干潟には, これらの物質代謝過程を通じて集水域から負荷される物質の除去作用があると考えられる。しかしながら, それを総合的に算出した事例は見当たらない。

藤前干潟は, 干潮時に「潮溜まり」が数多く出現する。潮溜まり(tide pool)は, 干潮時の窪みに水が溜まる場所である(栗原, 1991)。干潟の泥質中や砂質中における浄化能力の研究は浅海域, 三河湾などで報告されている(佐々木, 1989; 細川, 1991; 菊池, 1993)が, 「潮溜まり」については明らかにされていない。筆者らは, 「潮溜まり」は泥質, 砂質とは違った性質を持つ場所であるため, 特有の浄化能力を持つのではないかと考えた。そこで, 炭素(C), 窒素(N)の動態を指標として, 潮溜まりの浄化能力を測定した。干潟全体の持つ浄化能力を総合的に解明するためには, 物理, 化学および生物の各過程を通じた物質代謝過程を統合していく必要がある。本研究では, 「潮溜まり」, 「底泥」, 「二枚貝」による炭素, 窒素の代謝を測定し, それらを用いて, 藤前干潟全体の浄化能力を試算することを最終的な目的とする。

方 法

観測地点

藤前干潟の面積は, 名古屋港管理組合・名古屋市(1998)の環境影響評価書では105 haであるが, これには庄内川と日光川の一部の干潟も含まれるので, 本研究では, 名古屋港管理組合・名古屋市(1997)の藤前干潟埋め立てに関する見解書から, 90 haを採用した。観測地点は図1に示した。A地点

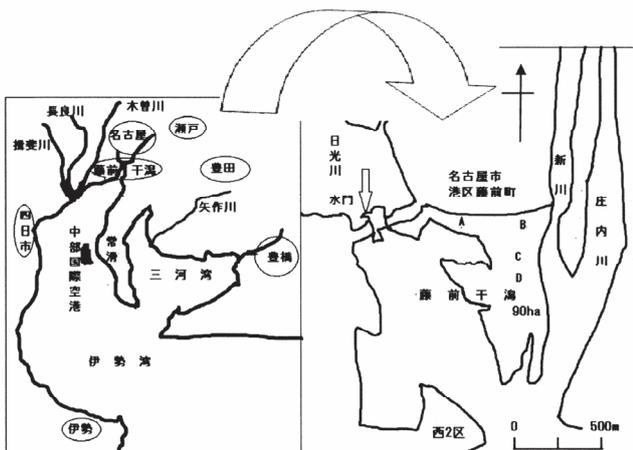


図1. 藤前干潟調査地点。観測地点の図中に示したA地点は海岸, B~D地点は海岸から100m~400m沖に位置した点で, 通常はA, B, C, Dであるが不定期にD2地点(D2はD地点より5m新川側)においても観測した。

は海岸, B~D地点は海岸から100~400m沖に位置している。観測は, 通常A, B, C, D地点で行ったが, 不定期にD2地点(D2はD地点より5m新川側)でも行った。

観測は1999年, 2000年, 2001年, 2003年, 2004年, 2006年, 2007年および2008年に実施した。底泥と二枚貝の採取は, 2008年3月24日, 4月19日, 5月24日, 6月21日, 9月1日に行った。

潮溜まり・底泥間隙水の採水

藤前干潟の潮溜まりの個数と容積は, 調査時にランダムに3地点で実測(2006年5回, 2007年4回, 2008年4回)した10m四方(100m²)に, 約60個の潮溜まりが存在して, その一つの大きさは約0.5m²であり, また, 100m²で, 0.5m²×60個=30m²を潮溜まりが占め, 藤前干潟(90ha)の30%(27ha)で, 間隙水底泥は70%(63ha)となる(梅村, 2010)。試水は, 大潮の最大干潮時の2時間前と2時間後に採水を行った。すなわち, この4時間を干潮の時間と見なし, この値を2倍して, 1日の浄化能力と見なした。潮溜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たものをブランクとした。

底泥間隙水の採水は吸引式多孔質素焼容器(ミズツール, 大起理化学工業(株))を0-5.0cm, 5.0-10.0cm, 10.0-15.0cm, 15.0-20.0cmの間隔で底泥に差込み, 約30~40mL吸引した。間隙水の試水は約1μmの目を通過しているので溶存態と見なした。潮溜まりと同様に, 4時間を干潮の時間と見なし, この値を2倍して1日の浄化と見なした。

試水の化学分析

炭素・窒素(TOC, DOC, TN, TDN): 試水に3モル濃度のH₂SO₄を50μL加えて攪拌し, TOC-Ve(SHIMADZU, Co.)を用いて850°C燃焼によりTOC(全有機態炭素), TN(全窒素)を, 溶存態は450°C, 1時間加熱したガラス繊維ろ紙(ワットマンGF/F, 47mm)でろ過し, 間隙水はDOC(溶存有機態炭素), TDN(全溶存態窒素)として定量した。TOCはPOC(懸濁態炭素)+DOC, TNはPON(懸濁態窒素)+TDNと見なすことができる。

クロロフィルa(Chl. a): 試水をろ過したガラス繊維ろ紙(Whatman GF/F, 25mm)を乳鉢ですりつぶし, アセトン(濃度92%)10mlで抽出後, テフロンろ紙(ADVANTEC 47mm, 口径0.5μm)でろ過し, このアセトンろ液を蛍光光度計(TURNER DESIGN, 10-AU Fluorometer)を用いて定量した。

底泥の化学分析

粒度: アクリルパイプ(直径5.5cm, 全長33cm)を調査地点に打込み, 採取した底泥試料10gを0-2.5cm, 2.5-5cm, 5-10cm, 10-15cm, 15-20cmの5層に分け, それぞれ直径7.7cmの500, 250, 125, 75μmの篩にかけ, ふるい器(筒井理化機械, ミクロ型電磁振動M-2型)を用いて蒸留水で十分に洗浄した。各篩に貯まった泥は予め重さを測定したシャーレに裏

返して完全に流し入れ、110℃で完全に乾燥後に前後の重量を計測した。また75μmを通過した試料水はビーカーに蓄え、同様に110℃で乾燥後に測定した。分画した粒子区分は、粗粒砂：>500 μm，中粒砂：500-250μm，細粒砂：250-125μm，極細粒砂：125-75μm，シルト・粘土：<75μm，とした。

強熱減量 (Ignition Loss, IL)：アクリルパイプ法で採泥した堆積物の一部をろ紙に入れ乾燥後、乾重量を測定し、電気マッフル炉 (ADVANTEC, FUW252PA) で650℃、1時間燃焼し、灰分残量を測定した。強熱減量は乾重量から灰分重量を差し引くことで定量した。同時に底泥の含水率も求めた。

二枚貝の採集

2008年3月、5月、6月及び7月において、3~4地点で観測を行い、1地点にコードラート (縦50 cm × 横50 cm × 深さ25 cm, 容積0.0625 m³) を2カ所 (容積は合計0.125 m³) 置き、2コードラート内部に入った二枚貝の個体数 (単位：個数0.125 m⁻³) と殻長を計測した。一部の二枚貝は、浄化能力測定実験に使用するために持ち帰った。コードラート内で採集した全ての貝類は、ろ紙 (東洋ろ紙 No. 5C) 上で転がしながら水分を取り湿重量を測定した (川瀬ほか, 2009b)。

二枚貝による炭素・窒素・クロロフィル a の吸収量測定実験

二枚貝が自然界でどのように物質を取り込んでいるかを求めるために室内実験を行った (2008年)。更に昼夜で活動が変化する可能性を考え、明暗の2つの条件で実験を行った。20 L 人工海水 (蒸留水20 L と塩類400 g 溶解) に培養用の珪藻 *Chaetoceros calcitrans* 250 mL を入れて実験水 (クロロフィル a として約600μg L⁻¹) とし、これを2.5 L ずつ各4水槽 (18 cm × 27 cm × 高さ12 cm) に満たし、二枚貝を数個体 (5~10個) 入れた。同時に二枚貝を入れないブランク試験も実施した (磯野・中村, 2000; 長谷川ほか, 2007)。各容器から一定時間毎 (0時間から1時間おきの6時間までの計7回測定) に試水15 mL を採取し、全有機炭素 (TOC), 溶解有機体炭素 (DOC), 全窒素 (TN), 濁度 (日本分光濁度計, V-550) 及びクロロフィル a (Chl.a) をそれぞれ定量した。実験に用いた二枚貝の湿重量についても実験後に計測した。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 *Mactra veneriformis* の7種類を実験に用いた。

干潟全体による浄化能力の推定

潮溜まり、底泥間隙水及び二枚貝による海水からの炭素・窒素除去 (吸収) の実測値を用いて干潟全体の浄化能力を推定した。干潮時には潮溜まりと底泥間隙水で得られた値を合算

して浄化能力と見なした。この浄化能力値には底泥中に生息する二枚貝の値も含んでいると仮定した。なお、底泥表面では脱窒による N₂O 発生が想定されるため、Umehura and Yagi (2006) の文献より引用し、窒素除去に加えた。一方、潮が満ちている時間の浄化能力は二枚貝による海水からの吸収のみと見なした。

藤前干潟における1日当たりの浄化能力の換算は以下のようにして推定した。干潮時の潮溜まりと底泥間隙水で得られた炭素と窒素の浄化能力値を時間数に関係なく2倍をしたものを、また、二枚貝の浄化実験で得られた値から浄化能力算出は、海水の満ちている時間は1日に二回として値を2倍し (干潮と満潮が1日に二回起きる), 実験時間数に関係なく同様に1日当たりの変化量と概算し、かつ、これらを合計して得られた総合計は干潮満潮を考慮し1日の浄化能力と見なした。

人間活動との比較

菊池ほか (2008) から、家庭下水基本原単位 (汚濁負荷原単位) として尿尿と雑排水の合計で見積もられた BOD 値 58gd⁻¹人⁻¹ を引用した。この値と炭素 (TOC) との関連は、酸素と炭素の化学等量より、O:C=8:3となる。よって、O の58

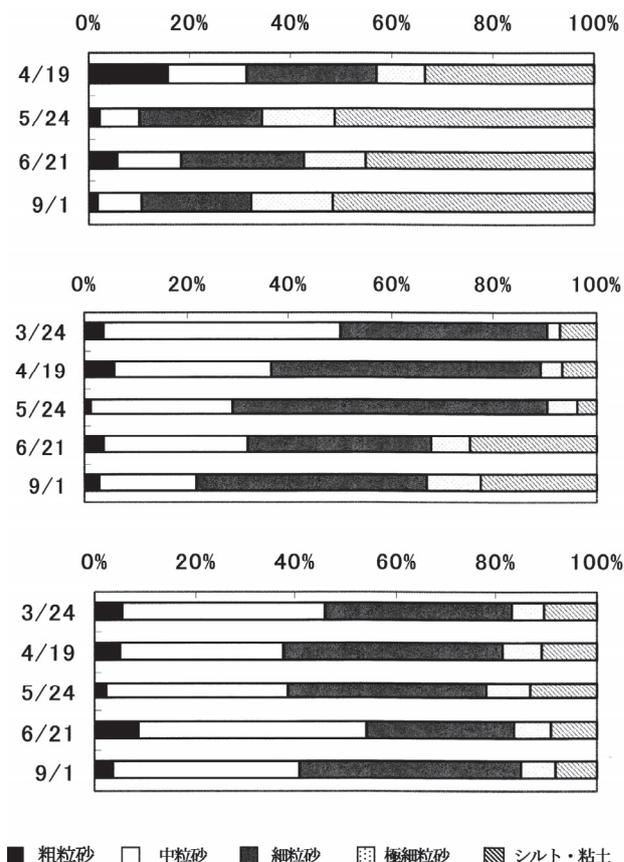


図2. 藤前干潟底泥3地点の粒度分布。
上：A地点，中：B地点，下：C地点
(表面泥0 cm ~ 5 cm, 2008年)。

gはCとして、 $58 \times 3 \div 8$ から、 $21.7 \text{ g d}^{-1} \text{ 人}^{-1}$ となる。全窒素 (TN) については、菊池ほか (2008) に示された $11 \text{ g d}^{-1} \text{ 人}^{-1}$ をそのまま用いた。これらの値と実測値を比較し、干潟の浄化能力を試算した。

結果および考察

藤前干潟底泥3地点の粒度分布

藤前干潟底泥3地点の粒度分布について深さ0-5 cmの結果を図2に示した。いずれの地点においてもシルト粘土画分が多く、A地点で顕著であった。この地点は、有機物が多く堆積し貧酸素な底泥環境を形成していると考えられる。全ての調査において、極表層が茶色でも深度5~10 cmの底泥は黒色を呈し腐卵臭がすることからも判断できる。強熱減量は、通常の底泥 (砂地で1%前後、酸素のある海底泥で1%~2%、嫌氣的底泥で5%以上、環境問題対策委員会：2010) からと

比べ高い値である3~5%を示し、有機物含有量の高い土砂堆積が影響していると推測された。

底泥間隙水および潮溜まりにおける炭素量 (DOC) の変化量 底泥間隙水

2000年と2001年の底泥間隙水中の溶存有機態炭素 (DOC) 増減を図3に示した。St.A, St.Bともに干潮前よりも干潮後に減少する傾向が明瞭に認められた。この図よりDOC減少量 (底泥0~15 cm) は、St.Aは7月31日に最大値 $2.14 \text{ g-C m}^{-2} \text{ 4h}^{-1}$ 、St.Bは7月21日に最大値 $3.76 \text{ g-C m}^{-2} \text{ 4h}^{-1}$ であった。この2地点の干潮前後の4時間での平均DOC減少量は $2.95 \text{ g-C m}^{-2} \text{ 4h}^{-1}$ 、干潟全体 (90 ha, 底泥面積70%, 底泥平均含水率30%) の値を求めると、 $2.95 \text{ (g-C m}^{-2} \text{ 4h}^{-1}) \times 90 \text{ ha} \times 10^4 \times 0.70 \times 0.30$ から 558 kg-C 4h^{-1} となる。

2008年に観測した4地点の底泥間隙水中のDOC変化量 (0~15 cm) を図4に示し、平均 $4.66 \text{ mg-C L}^{-1} \text{ 4h}^{-1}$ であり、この値より0-15 cm深度の単位面積当たりとして計算し、干潟全

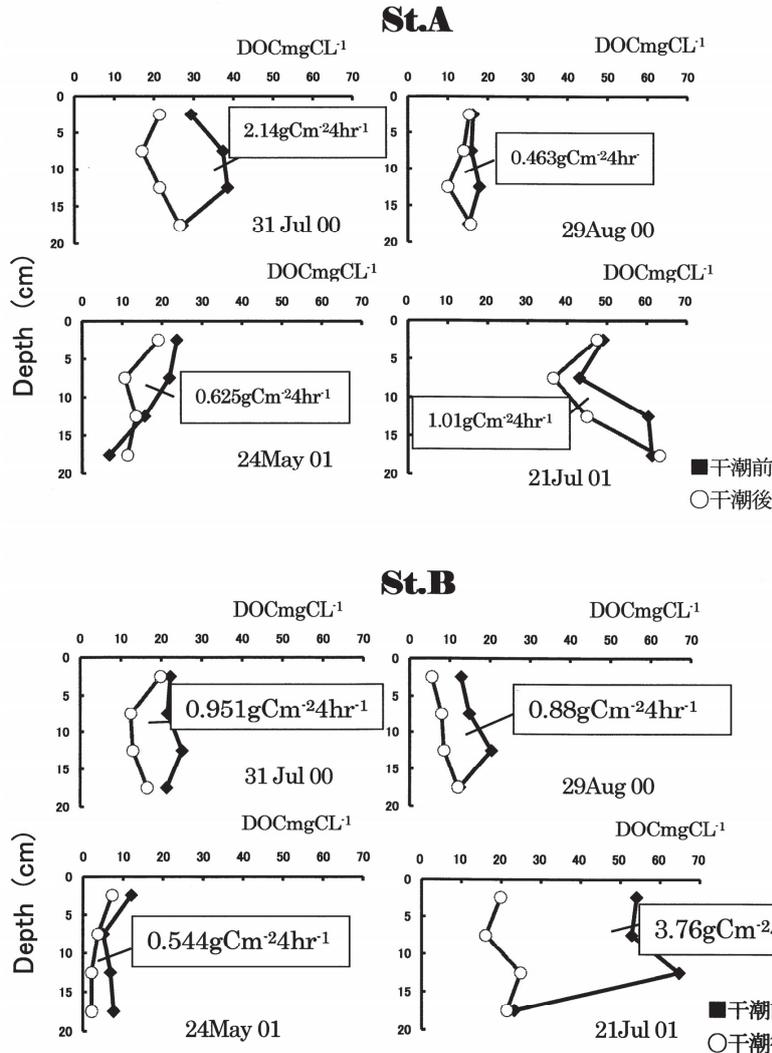


図3. 底泥間隙水中のDOC鉛直分布の干潮前後の変動(2000年, 2001年). 図中の■は干潮前, ○は干潮後(4時間間隔)の濃度を表し, 深度0-15 cmの値を示した(上: 地点A, 下地点B).

藤前干潟の底泥・海水における炭素・窒素の除去

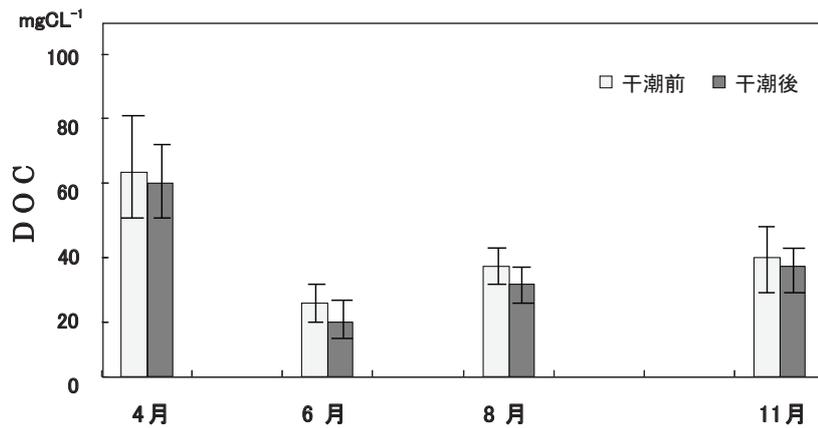


図4. 干潮前後における底泥間隙水中 DOC の平均値 (A, B, C, D 地点: 0-15 cm, 2008). 4地点 (A, B, C, D) の干潮前後 (4時間間隔) の底泥間隙水中 DOC (0-15 cm の混合試水) の月平均値について、2008年4, 6, 8, 11月の結果を示した。図中の□は干潮前、■は干潮後を示し、DOC 濃度の単位 mg-CL⁻¹として標準偏差値で表示した。

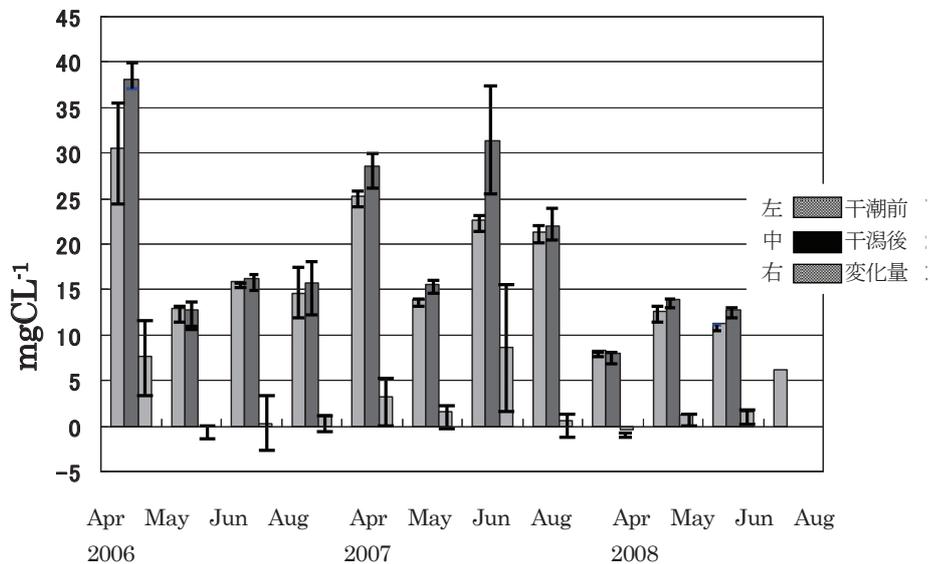


図5. 潮溜まりにおける DOC の変動 (2006年から2008年). 5地点 (A, B, C, D, D2) の全てについて各観測時の値を集計して3本の棒グラフで示した。棒グラフの左側は干潮前、中央は干潮後の濃度をそれぞれ示し、右側は干潮前後の差を濃度変化量 (4時間) として表し、いずれも標準偏差値で表示 (深度: 0-10cm, 変化量単位: mg-CL⁻¹4h⁻¹)。

体 (90ha) では、 $4.66 \text{ g-Cm}^{-3}4\text{h}^{-1} \times 0.15 \text{ m} \times 90 \times 10^4 \times 0.70 \times 0.3$ より、 $132 \text{ kg-C}4\text{h}^{-1}$ となる。尚、20~25 cm 層付近から干潮前後の差は見られなくなったことから、この層付近辺りから干上がる事による酸素の影響はなくなっていると考えられる。

潮溜まり

潮溜まりにおける DOC の増減を図5に示す。なお、潮溜まりにおける DOC 増加は結果として底泥中の DOC 減少をもたらすので浄化能力と見なした。

2006年: DOC 変化量平均は 1.67 mg-CL^{-1} となり、深さ0.10 m

として、潮溜まり面積が干潟全体 (90ha) の30%として、 $1.67 \text{ g-Cm}^{-3} \times 0.10 \text{ m} \times 90 \times 10^4 \text{ m}^2 \times 0.30$ となり、 $45.1 \text{ kg-C}4\text{h}^{-1}$ となった。

2007年: DOC 変化量平均は 2.94 mg-CL^{-1} となり、同様に干潟全体で $80.2 \text{ kg-C}4\text{h}^{-1}$ の DOC が減少した。

2008年: DOC 変化量平均 0.79 mg-CL^{-1} となり、同様に干潟全体で $21.3 \text{ kg-C}4\text{h}^{-1}$ 減少した。また、5カ所の地点で、同時に炭素の増減を測定した結果は $1.64 \text{ mg-CL}^{-1}4\text{h}^{-1}$ が認められ、やはり同様にして干潟全体で $44.3 \text{ kg-C}4\text{h}^{-1}$ となった。

表1. 潮溜まりにおける TN の干潮前後の濃度変動 (mg-NL⁻¹). 表層水0-10 cm の結果を示す (D2は D 地点より5 m 新川側, 2006年).

地点	15 Apr	28 May	25 Jun	25 Aug	3 Nov	平均
A	-6.88	-0.08	0.14	2.65	-1.90	-1.21
B	-1.89	-1.77	-0.37	0.20	-1.80	-1.12
C	-8.05	-1.38	-2.20	0.69	-1.33	-2.46
D	-5.52	-0.27	-0.09	0.38	-1.29	-1.36
D2	-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2. 底泥間隙水中における TN の干潮前後の濃度変動 (mg-NL⁻¹). 表層間隙水0-5 cm の結果を示す (D2は D 地点より5 m 新川側, 2006年).

地点	15 Apr	28 May	25 Jun	25 Aug	3 Nov	平均
A	-5.57	-133	-1.94	-0.82	-0.89	28.5
B	-5.02	-24.1	-1.62	-3.16	-1.74	-7.15
C	-11.2	-16.7	-3.61	-4.79	-1.70	-7.61
D	-2.62	-42.3	3.36	-0.45	-3.71	-10.50
D2	-1.60	-13.1	-3.14	-0.45	-2.80	-4.24
平均	-5.20	-46.0	-2.73	-1.94	-2.17	-11.61

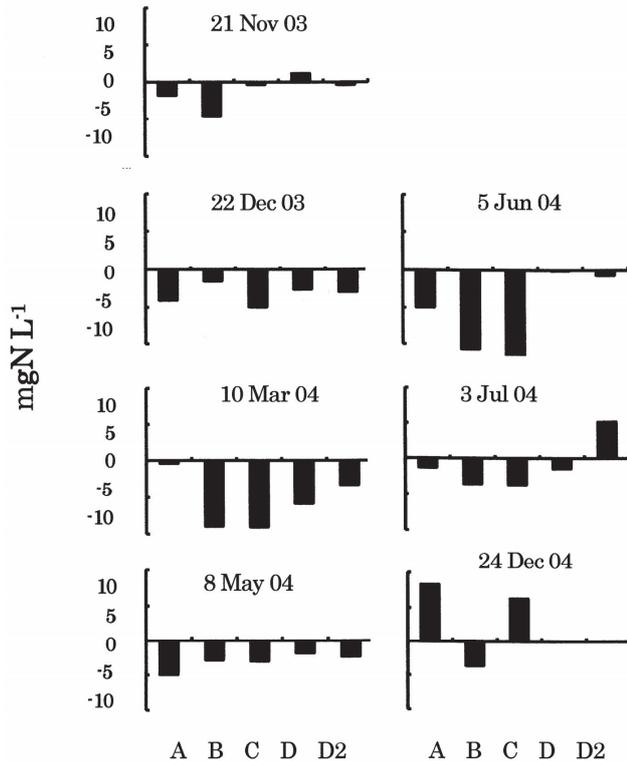


図6. 潮溜まりの全窒素 (TN) の最大干潮前後における濃度変化 (2003年, 2004年). 潮溜まりにおける最大干潮の2時間前から2時間後 (4時間) の値を引いた濃度差を示す (深度: 0-10 cm, 単位 mg-NL⁻¹, D2は D より5 m 新川方面).

潮溜まりと底泥間隙水の全窒素 (TN) の変化量

潮溜まり内と底泥間隙水の窒素 (TN) の変化 (最大干潮の2時間前と2時間後の差) について, 底泥間隙水は2003年と2004年を図6に, また, 2006年における潮溜まりと底泥間隙水の減少を表1と表2にそれぞれ示した。

潮溜まり

潮溜まりにおいて (図6), 4時間の平均減少量は7.5 mg-NL⁻¹ 4h⁻¹となり, 窒素の増減量は深さ0.10 cm として, 7.5 g-Nm⁻³ × 0.10 m = 0.75 g-Nm⁻²4h⁻¹の値から, 潮溜まり存在比30%と干潟全体 (90 ha, 4時間) では0.75 g-Nm⁻² × 90 × 10⁴ m² × 0.30 = 202.5 kg-N4h⁻¹となる。次に, 表2に示す2006年の場合はTN減少量の平均1.67 mg-NL⁻¹4h⁻¹と深度0.10 m より, 同様に45.1 kg-N4h⁻¹となる。更に, 2008年の観測結果からも最大値0.40 mg-NL⁻¹4h⁻¹の減少が得られ, 1.1 kg-N4h⁻¹と見積もられた。一方, 潮溜まりでの脱窒作用による N₂O 発生は Umemura and Yagi (2006) の報告により, 2002年, 最大0.073 μL-L⁻¹4h⁻¹の変化量があった。この値より, (28 g × 0.073 × 10⁻³ × 10⁻³) / 22.4 (4h)⁻¹ = 0.09125 g-N4h⁻¹から, 干潟90 ha における潮溜まりの存在比率30%を乗じて0.246 kg-N4h⁻¹となり, 1回の干潮で0.25 kg-N4h⁻¹の浄化能力が見積もられた。

底泥間隙水

表2の結果より TN減少量の平均は11.6 mg-NL⁻¹4h⁻¹となり, 採水が表面水0~5 cm として, 底泥表面積 (70%), 底泥含水率 (30%) を考慮して11.6 g-Nm⁻³ × 90 × 10⁴ m² × 0.05 m × 0.7 × 0.3 = 111 kg-N4h⁻¹と見積もられた。1日の潮溜まりと底泥間隙水による窒素浄化能力の推定については, 潮溜まりと底泥間隙水を同時に測定した2006年の場合は, 潮溜まりと底泥間隙水の窒素減少量合計は, 潮溜まり45.1 kg-N4h⁻¹と間隙水111 kg-N4h⁻¹の合計で156 kg-N4h⁻¹, つまり1回の干潮で藤前干潟全体 (90 ha) での TN の浄化能力は約156 kg となるので, 1日としてはこの値を2倍と仮定して312 kg-Nd⁻¹, と概算された。底泥間隙水の極表層 (0-5 cm 層) では, 吸引法では N₂O の生成については測定不可能なので考慮していない。

日本海洋学会編 (1999) は藤前干潟評価書を引用し, 干潟 (潮溜まりは記載なし) の有機態窒素 (O-N と記載) 浄化能力が年平均135 mg-Nm⁻²d⁻¹ (122 kg-N (90 ha)⁻¹d⁻¹) であると記載し, 本研究では2.3倍高く, 潮溜まりの重要性が明らかとなった。

藤前干潟に生息する二枚貝の個体数と重量 (湿潤重量)

2008年3月24日, 4月19日, 5月24日, 6月21日のコドラート (縦50cm × 横50cm × 深さ25cm) 2個分の個体数の結果を図7に示した (単位は個体数0.125 m⁻³)。主にヤマトシジミ, ソトオリガイ, オキシジミ, シオフキガイ, アサリが採集された。二枚貝の個体数と軟体部湿重量 (以下湿重量と表記) は全て

計測した。5種の二枚貝が採集された5月24日の結果から、最も多かった二枚貝（ヤマトシジミ、ソトオリガイ）は干潮時に干上がる面積（90 ha）当たり、総湿重量は98.1 tであった。一方、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個とヤマトシジミの方が多かったが干潟全体でヤマトシジミが27.7 tに対してソトオリガイは

63.6 tと倍以上の湿重量が求められた。

室内実験による二枚貝の炭素・窒素除去量の推定
二枚貝による TN と TOC の浄化能力

二枚貝6種が、軟体部湿重量1 gあたりで6時間後までに吸収した物質量を図8に示した。これらの実験値と5種の二枚貝が採集出来た2008年5月24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（90 ha）1日の浄化能力を求めた（図9）。貝ごとに明条件と暗条件に分け、1時間当たりの経時変化と湿重量1 gに換算した（明条件を日照時、暗

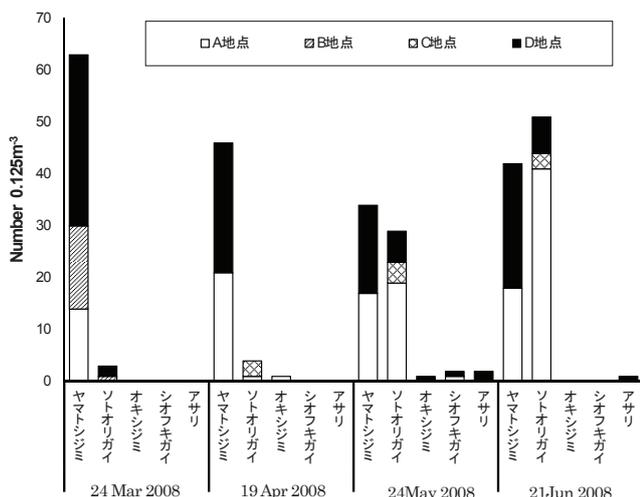


図7. コドラート調査による採集量（2008年）. 4地点における、2008年3月24日、4月19日、5月24日、6月21日に実施したコドラート調査2カ所分（縦50 cm ×横50 cm × 深さ25 cm の2個分体積0.125 m³）に生息する個体数で、ヤマトシジミ、ソトオリガイ、オキシジミ、シオフキガイ、アサリを示す。

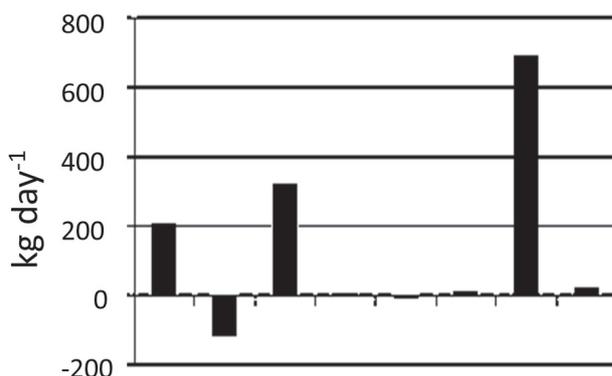


図9. 藤前干潟に生息する5種の二枚貝による水質浄化能力. 実験に用いた二枚貝が藤前干潟90haにおいて2008年5月24日の条件で1日あたり吸収する各物質量を算出した。吸収量は浄化能力と見なし正の値として示した。

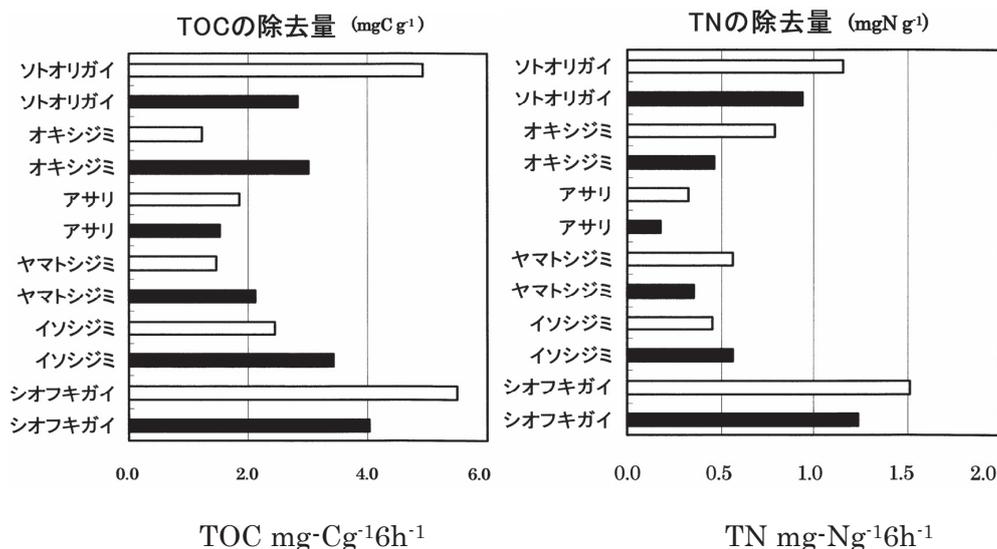


図8. 二枚貝6種による TOC と TN の6時間後の吸収量. 二枚貝6種類の海水から栄養塩吸収を求めるために水槽で実験を行い、TOC と TN の6時間経時変化を求めた（図中左：TOC, 右：TN）。水槽容器内水中濃度変化はブランク値を差し引き、各二枚貝の軟体部湿重量1g 当たりとして6時間経過後の吸収 TOC (mg-Cg⁻¹6h⁻¹), TN (mg-Ng⁻¹6h⁻¹) を算出し示した（2008年, 白抜き：明条件, 黒塗り：暗条件）。

条件を日没時と仮定)。干潮時には海水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日分と見なした。干潟全体(90 ha)で炭素はTOCとして322 kg-Cd⁻¹を、窒素はTNとして16.3 kg-Nd⁻¹それぞれ吸収し、同時に測定した濁度も696 kgd⁻¹, Chl. aは23.3 kgd⁻¹をそれぞれ減少することが判り、水質の濁りを減少する浄化能力を持つことが認められた。

藤前干潟が持つ浄化能力の推定

炭素浄化能力

潮だまりの干潟全体(90 ha)の平均は47.7 kg-C4h⁻¹{45.1, 80.2, 21.3, 44.3:単位 kg-C(90 ha)⁻¹4h⁻¹}となり、1日当たりの干潟全の換算は、上記の値を干潮干は1日2回分と見なして95.4 kg-Cd⁻¹となる。同様に底泥間隙水は、平均345kg-C(4h)⁻¹(558, 132:単位 kg-C(90 ha)⁻¹4h⁻¹)が得られ、690 kgCd⁻¹となる。また、海中での二枚貝の浄化能力は干潟全体で322 kg-Cd⁻¹である。

窒素浄化能力

干潟全体(90 ha)の潮だまりでは平均は83.2 kg-N4h⁻¹{202.5,

45.1, 1.1, N₂O; 0.25:単位 kg-N(90 ha)⁻¹4h⁻¹}の値より、炭素も同様にして1日に換算し166.4 kg-Nd⁻¹となる。底泥間隙水では111 kg-N4h⁻¹より222 kg-Nd⁻¹, 海中から二枚貝の除去能力16.3 kg-Nd⁻¹がそれぞれ干潟全体で得られた。

下水処理能力

これまで得られた干潟内(90 ha)での炭素・窒素の浄化能力をまとめると、炭素は総計1107 kg-Cd⁻¹(95.4 + 690 + 322:単位 kg-C(90 ha)⁻¹d⁻¹)となり、窒素の総計は405 kg-Nd⁻¹(166 + 222 + 16.3:単位 kg-N(90 ha)⁻¹d⁻¹)が概算された。汚濁負荷原単位である炭素C換算21.7 gd⁻¹人⁻¹, 窒素11 gd⁻¹人⁻¹から、藤前干潟の持つ下水処理能力を推定すると、炭素として51,000人分、窒素として37,000人分相当の汚濁負荷を処理していることが判った。

以上の結果より、図10には藤前干潟底泥90 ha(潮溜まり、間隙水)と生息する二枚貝から除去される窒素、炭素、濁度、クロロフィルaについて1日当たりの浄化能力として表し、さらに、窒素と炭素の汚濁負荷量から求められる下水処理能力(人数)として換算した値を模式的に示した。

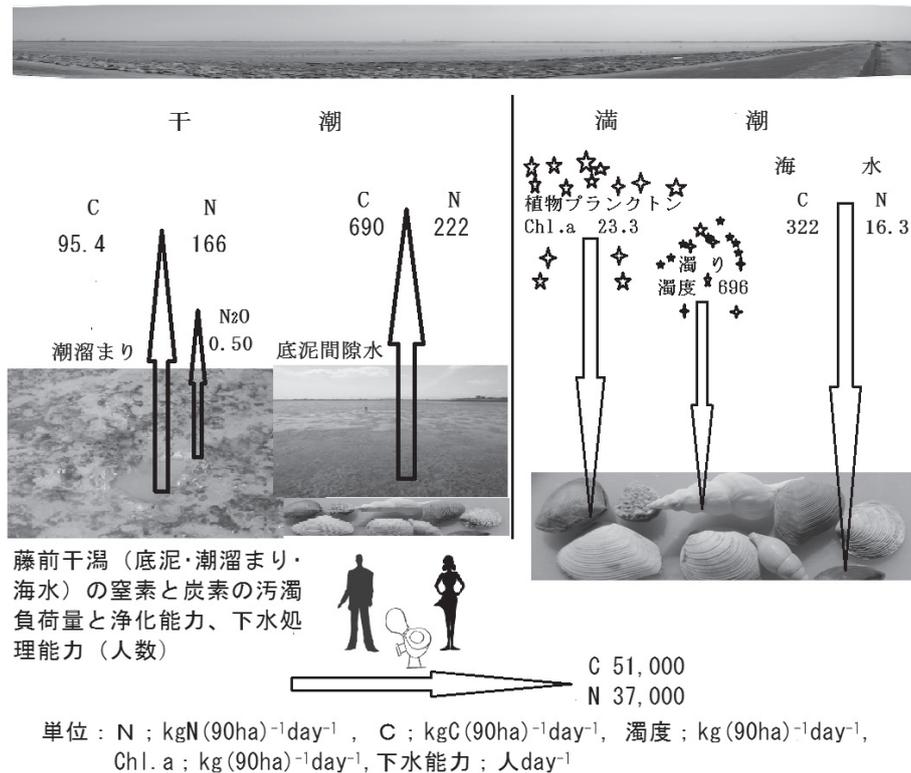


図10. 藤前干潟底泥90 ha(潮溜まり、間隙水)と生息する二枚貝から除去される窒素、炭素、濁度、クロロフィルaの二枚貝による除去及び汚濁負荷の処理量。干潟底泥(90 ha)の潮溜まり、底泥間隙水の除去能力及び海水の二枚貝による除去能力を1日当たりの物質移動として示した。また、図中の人に関する値は、窒素と炭素の汚濁負荷量から求められる下水処理能力(人数)として換算した。(単位: N; kgN(90 ha)⁻¹day⁻¹, C; kgC(90 ha)⁻¹day⁻¹, 濁度; kg(90 ha)⁻¹day⁻¹, Chl.a; kg(90 ha)⁻¹day⁻¹)。

謝 辞

本研究は、1999年より名古屋女子大学家政学部卒論生、2005年からは愛知工業大学工部都市環境学科建築環境学専攻および土木工学専攻の卒論生と共に調査を行った結果をまとめたもので、学生諸氏に感謝申し上げます。

文 献

- 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.
- 細川恭史 (1991): 浅海域での生物による水質浄化作用, 沿岸海洋研究ノート, **29**: 28-36.
- 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, 水環境学会誌, **23** (11): 683-689.
- 川瀬基弘・梅村麻希・八木明彦 (2009a) 干潟に生息する二枚貝類の炭素・窒素除去. 第8回 海環境と生物および沿岸環境修復技術に関するシンポジウム発表論文集, 67-72.
- 川瀬基弘・尾畑功・市原俊 (2009b) 愛知県藤前干潟に生息する貝類. 豊橋市自然史博研報, **19**: 11-20.
- 環境問題対策委員会水質改善部門部会 (2010), 東京湾の底質調査結果 (平成21年度), 九都市首脳会議, p44.
- 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.
- 栗原 康 (1991): 加工・沿岸域の生態学とエコテクノロジー, 東海大学出版, p335.
- 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.
- 名古屋港管理組合・名古屋市 (1997): 名古屋市港区藤前地先における公有水面埋め立て地及び廃棄物最終処分場設置事業に係る見解書, p375.
- 名古屋港管理組合・名古屋市 (1998): 名古屋市港区藤前地先における公有水面埋め立て地及び廃棄物最終処分場設置事業に係る環境影響評価書.
- 日本海洋学会編 (1999): 明日の沿岸環境を築く, 恒星社厚生閣, p206.
- 野原精一編 (2003): 干潟等湿地生態系の管理に関する国際共同研究 (特別研究) 平成10~14年度, 国立環境研究所特別研究報告, p70.
- 佐々木克之 (1989): 干潟域の物質循環, 沿岸海洋研究ノート, **26**: 172-190.

- 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.
- Umemura, M and A. Yagi (2006): Changes in Nitrous oxide, DOC and Methane in the interstitial Water of Fujimae Tidal-Flat, Primary production and water purification in the Fujimae Tidal-Flat, *Verhandlungen der Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, **29** (3): 1228-1234.
- 梅村麻希 (2010): 藤前干潟の潮溜まりにおける溶存有機態炭素とメタンの動態, 陸の水, **43**: 83-89.
- 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.
- 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.
- Yagi, A and H. Terai (2001): Primary production and water purification in the Fujimae Tidal-Flat, *Verhandlungen der Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, **27**: 3394-3403.
- (担当編集委員: 野崎健太郎, 椋山女学園大学教育学部)

