

# 河川内干潟の二枚貝生態系に対する海域環境インパクトの影響

## Impact of Coastal Environments on Bivalves in Riverine Wetlands

森 麻緒<sup>1</sup>・二瓶泰雄<sup>2</sup>

Mao MORI and Yasuo NIHEI

Although mudflat ecosystem may be influenced due to environmental impacts of terrestrial and coastal waters, there has been little information on these impacts on bivalves in wetlands. This study aims to investigate the impact of coastal environments on bivalves in riverine and coastal wetlands. We conducted field measurements of bivalves, water and sediment environments in Edogawa and Arakawa Rivers in 2010, in which a large-scale blue tide appeared around the head of Tokyo Bay. The results reveal that the wet weight of bivalves in the coastal wetland (Sanbanze) decreased more appreciably due to the blue tide than those in riverine wetland of the Edogawa River. Furthermore, we discussed the sediment and water environments at the station where the number of the bivalves in the riverine wetland increased after the blue tide.

### 1. はじめに

アサリを始めとした二枚貝の漁獲量は、1960年代をピークに全国的に減少し、現在ではピーク量の20%程度にまで落ち込んでいる(日向野, 2005)。その主要因として、一般には、高度経済成長期における大規模な埋立工事により、二枚貝の住処である干潟・浅場が消失したためであり、この埋立により全国の40%もの干潟面積が減少した(菊池, 2000)。これに伴って、絶滅の恐れがある生物種が日本全国で400弱にも達しており(加藤, 1996)、漁獲量総量のみならず生物多様性も失われつつある。

また、干潟はそもそも陸域と海域の境界部に位置するがゆえに、陸域や海域から環境インパクトを直接的に受けやすい立地条件である。そのため、陸域からの河川出水により淡水の大量供給や土砂堆積、底泥侵食、貧酸素化の進行などが生じ、干潟上の二枚貝の大量斃死が確認されている(例えば、東京湾河口干潟保全研究会, 2004)。また、海域から貧酸素水塊や青潮が干潟に遡上した結果、干潟ベントスの現存量は青潮発生直後のみならず長期間にわたり大きく影響される(上月ら, 2009)。しかしながら、これらの陸域・海域環境インパクトに対する二枚貝生態系の応答(レスポンス)については調査事例が少なく、未解明な点が多い。

そこで本研究では、二枚貝生態系に関わる「インパクト-レスポンス関係」やそれと干潟構造の関係を明らかにするために、東京湾湾奥部に流入する江戸川・荒川の

河川内干潟を例に、二枚貝現存量や水底質環境・地形変化調査を行った。本観測期間中には出水はなかったが大規模な青潮が発生したため、河川内干潟の二枚貝生態系に対する海域影響に着目した検討結果を述べるとともに、河川内と海域の干潟(江戸川とその河口に位置する三番瀬)における二枚貝に対する青潮インパクトの影響を比較・検討する。

### 2. 研究方法

#### (1) 観測サイト

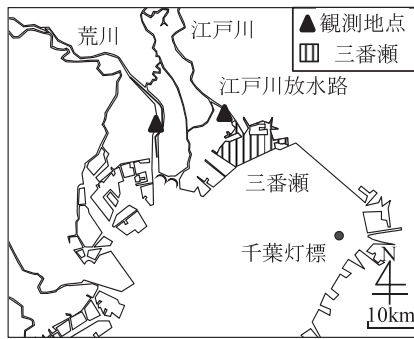
観測サイトは、図-1(a)に示すように、江戸川放水路河口(右岸側、河口より+2.5km)と荒川河口(右岸側、+3km)である。江戸川放水路は上流端には行徳可動堰、河口には三番瀬が各々位置し、この堰は大出水を除いて閉じているため、普段は淡水供給されないこととなっている。各河川の観測地点を図-1(b)や(c)に示す。江戸川放水路では、縦断方向に3ライン(約200m間隔)、各ラインに3地点、合計9地点を設けた。一方、荒川では縦断方向に2ライン、各ラインに2もしくは3地点とし、計5地点を設定した。各ラインの横断位置としては、最も陸側に位置し、干潮時に必ず干出する地点を地点1、最も河川中央よりに位置し干潮時でも干出することが無い地点を地点3、その中間の地点を地点2としている。各ラインにおける横断面形状と観測地点位置の一例として、江戸川のライン3における横断面形状(2010/8/10測量)を図-2に示す。

#### (2) 観測・分析方法

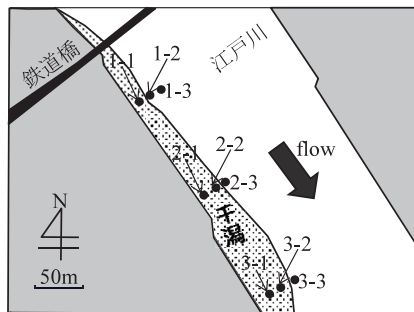
この二つの河川内干潟において、①二枚貝現存量、②底質、③土壌中の間隙水、④地盤高さ、に関して、数ヶ月にわたる時間変化を計測した。

まず①の二枚貝現存量については、簡便かつ正確に底

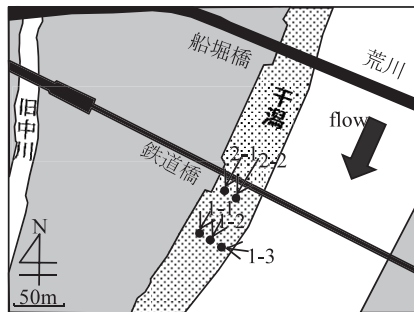
1 学生会員 東京理科大学大学院理工学研究科土木工学専攻修士課程  
2 正会員 博(工) 東京理科大学准教授理工学部土木工学科



(a) 全体図



(b) 江戸川放水路



(c) 荒川

図-1 観測サイト

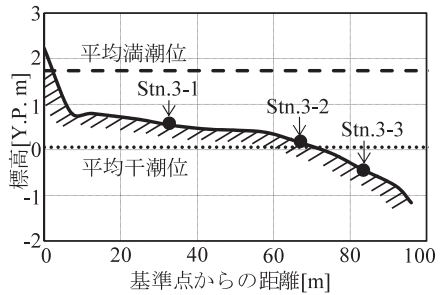


図-2 観測ラインの横断面形状と観測地点位置の一例 (江戸川, ライン3, 2010/8/10測量)

電気炉で600℃, 2時間加熱して算出し, また粒径分布にはふるい分け試験を行った。

③の間隙水調査では, 間隙水採水器 (ミズツール, 大起理化学工業(株)製) を深さ10cmと20cmに埋没させ, 注射器の負圧効果を利用して間隙水を10ml以上採取し, 現地にて可搬式ポータブルORP計 (東亜ディーケーケー (株) 製) により酸化還元電位を計測した。また, その場で地下水が出てくる程度に穴を掘り, 滲みだす間隙水を採取して, 本学の実験室にて塩分濃度 (多項目水質計WQC-24, 東亜ディーケーケー (株) 製) とCOD (過マンガン酸カリウム法) を分析した。

④の地盤高さ調査では, 底泥上に単管 (直径3.8cm, 高さ50cm) を鉛直に突き立て, 単管上端から底面までの高さを測り, 地形変化を計測した。また, 別途, 各ラインの断面測量も合わせて行った。

観測地点は, ③の調査のみ各ラインの一番岸側の地点のみとし, 他は全地点とした。観測期間は2010年6~11月の大潮・干潮時の計8回 (6/10, 7/15, 7/27, 8/10, 8/24, 9/7, 10/5, 11/4) であり, 観測間隔は7, 8月のみ2週間, 他は1ヶ月としている。断面測量以外の①~④の観測項目は同時に計測した。断面測量は2010/8/10のみ実施した。

(3) 他のデータ収集

海域環境インパクトの規模や干潟の二枚貝生息環境が受ける影響を把握するため, 千葉灯標 (図-1 (a)) で連続計測されている水質モニタリングデータ (海上保安庁提供) より, 上記の観測期間中における表層・底層の塩分濃度・DO等を収集した。また, 本観測結果と海域の二枚貝生息量データを比べるために, 江戸川放水路河口に位置する三番瀬 (図-1 (a)) における9・10月のアサリ漁獲量 (船橋漁協提供) を用いた。なお, このデータは三番瀬で漁業を行っている, 船橋・行徳・南行徳漁協の各漁場における漁獲量の総和である。さらに, 青潮の発生状況を確認するために, 千葉県HPの貧酸素水塊速報を参照した。

陸域環境インパクトを見るために, 江戸川と荒川の河

泥中の二枚貝を採取するために, コドラート (20cm × 20cm) 内の底泥を深さ20cmまで掘り, それを玉葱収納用のネット状の袋 (網目約1mm) に入れる。それを現地の河川水で濾し, ネットに分別された二枚貝のみを本学に持ち帰り種類同定や種別の個体数・湿重量を計測する。種類同定の際には, 奥谷 (2006) を参考にした。また, 採取した貝類を生存・死亡しているものに分け, それぞれの種類別の個体数や湿重量, 殻長について計測した。

②の底質調査では, 直径4.9cmの亚克力パイプを用いて, ①の二枚貝採取地点近くの底質のコアサンプルを採取した。コアサンプルを乱さないように本学に持ち帰り, 表層2cm及びその直下5cmの層に分け, 強熱減量と粒径分布を分析する。その方法としては, 強熱減量には

口流量を二瓶ら（2007）と同じ方法により算出した。

### 3. 観測結果と考察

#### (1) 二枚貝生息状況及び底質・間隙水環境の時間変化

両河川河口部における二枚貝生息状況や各干潟の底質・間隙水環境を把握するために、二枚貝の個体数密度や含泥率、間隙水の塩分濃度の時系列変化を図-3に示す。図中には、陸域・海域環境インパクトの発生状況を把握するために、陸域影響として両河川の河口流量、海域影響として千葉灯標のDOデータ（表層、底層）も合わせて図示している。二枚貝の個体数密度（=単位面積当たりの個体数）に関しては、両河川全地点の結果に対する平均値と最大・最小値を優占種別に分けて示す。含泥率には全地点の表層2cmと直下5cmの平均値を用いている。

まず、河口流量（図-3(a)）としては、10/31~11/2に年最大出水が発生し、荒川で750m<sup>3</sup>/s、江戸川で340m<sup>3</sup>/s程度のピーク流量となった。これは近年の大規模出水時（台風0709号出水）の流量（荒川4000m<sup>3</sup>/s、江戸川1500m<sup>3</sup>/s）と比べて非常に小さく、また、行徳可動堰は閉まったままであったことから、本観測を行った2010年は出水による陸域インパクトは生じなかった。一方、海域インパクトの有無を示す海域のDOデータ（図-3(b)）としては、7、8月には表層で過飽和、底層で貧酸素化が著しく進行する、という典型的なパターンが出現した。その後の9月中旬（図-3(b)中ハッチの部分）には、表層・底層DOが急激に減少し鉛直混合が顕著となった。東京湾の貧酸素水塊速報（千葉県HP）により、2010/9/9~10に三番瀬や千葉港で大規模な青潮が発生したことが確認された。このように、本観測期間中には、青潮による海域環境インパクトが顕著であった。

両河川内干潟の間隙水・底質環境に着目すると（図-3(c), (d)）、まず間隙水の塩分環境は江戸川では14~24%、荒川では3~10%となっており、荒川の方が低塩分となっている。これは、上流域からの淡水供給状況が大きく異なると共に、河口からの距離の差による海水遡上状況も異なるためである。また、底質中の含泥率は、両河川共に夏から秋にかけて増加しているが、どの時期においても江戸川の方が高くなっている。このように、相対的に見ると、荒川では低塩分・砂干潟、江戸川では高塩分・泥干潟と分類できる。

次に、二枚貝の個体数密度に着目すると（図-3(e), (f)）、優占種としては、江戸川ではアサリ、オキシジミ、ホトトギスガイ、荒川ではヤマトシジミのみであった。また、二枚貝の種類数としては江戸川では計11種、荒川では1種のみが確認された。前述したように、江戸川の間隙水は、荒川よりも高塩分となっており、この塩分環境の違いにより、優占種が両河川で異なったものと考え

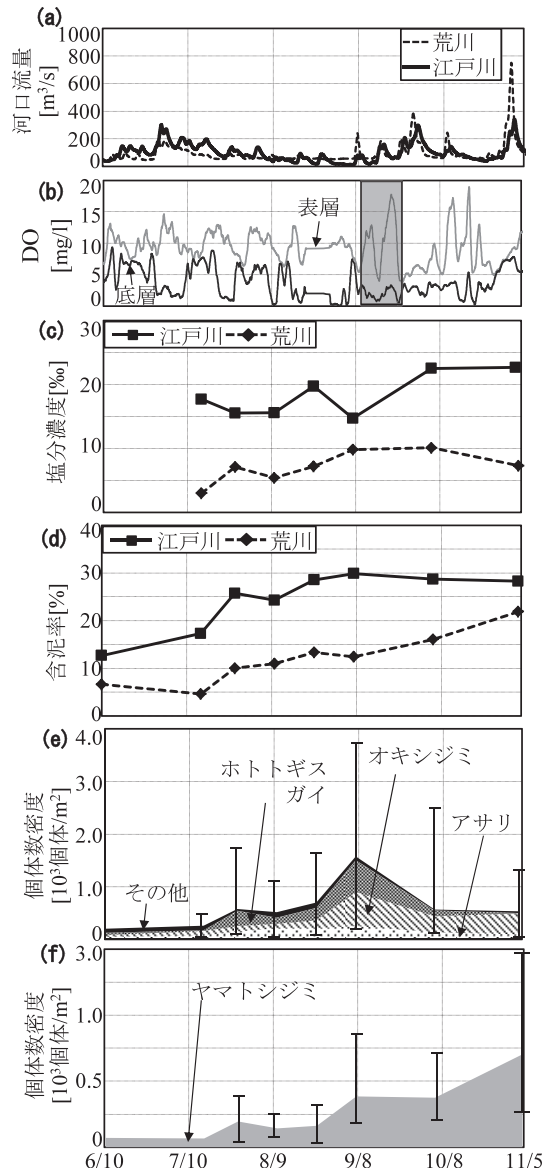


図-3 河口流量(a)、海域DO(千葉灯標)(b)、間隙水中の塩分濃度(c)、底質中の含泥率(d)、二枚貝の個体数密度(江戸川(e)、荒川(f))、に関する時間変化(個体数密度は全地点の平均値を表示。(a), (c), (d)は両河川の結果を図示、図中のハッチの部分は青潮発生期間)

られる。また、二枚貝の個体数密度の時間変化としては、江戸川では9月にピークとなったのに対して、荒川では11月まで増加傾向になっている。これと海域DO環境を比べると、前述したように9月中旬には大規模な青潮が発生しており、この青潮による海域インパクトを介して、江戸川放水路では二枚貝の個体数密度が減少したものと考えられる。また、荒川では、海水遡上の影響が相対的に小さいので、海域インパクトの影響がほぼ見られない。

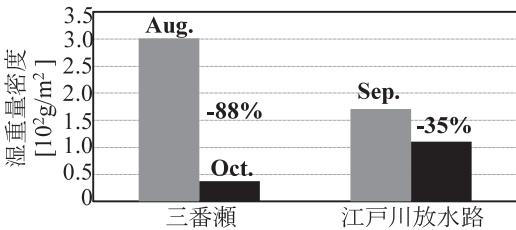


図4 青潮発生前(8, 9月)と後(10月)におけるアサリの湿重量密度の変化(海域(三番瀬)と河川内(江戸川)干潟を対象)

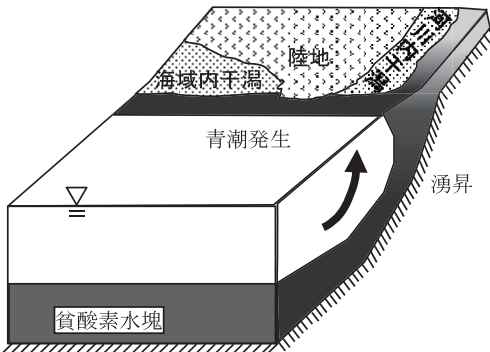


図5 海域・河川内干潟への青潮遡上の様子に関する模式図

(2) 海域及び河川内干潟への海域インパクトの影響

青潮による海域インパクトが二枚貝生態系に及ぼす影響を見るために、青潮発生前後における海域(三番瀬)及び河川内(江戸川放水路)でのアサリの湿重量密度を比べたものを図-4に示す。ここでの湿重量密度(=単位面積当たりの湿重量)の算出は、三番瀬において船橋市、市川市行徳、南行徳漁協と千葉県によるアサリの湿重量密度の調査結果を対象面積(=18km<sup>2</sup>)で除し、江戸川では本観測結果の全9地点における平均値とする。また青潮発生前(8, 9月)と後(10月)の結果を用いる(千葉県農林水産部HP)。

これより、三番瀬における湿重量密度は、青潮前では301g/m<sup>2</sup>、青潮後では37g/m<sup>2</sup>となっており、青潮発生前後でアサリの湿重量密度は88%も減少し、アサリの死骸湿重量密度は、263g/m<sup>2</sup>となっている。ここで、三番瀬におけるアサリの食害被害などは無いが、調査より稚貝率が多かったためアサリが青潮の被害を受けやすかったと考えられる。一方、江戸川放水路では、青潮前と後でそれぞれ171, 111g/m<sup>2</sup>という湿重量密度となっており、その減少率は35%に留まっている。また、両地点の湿重量密度を比べると、青潮前では三番瀬の方が大きいものの、青潮後では江戸川放水路の方が三番瀬よりも大きい。このことより、海域・河川内干潟ともに青潮によるアサリの大量死が起こったものの、その被害の度合いは河川内干潟の方が少ない。

河川内干潟(江戸川放水路)の方が海域干潟(三番瀬)

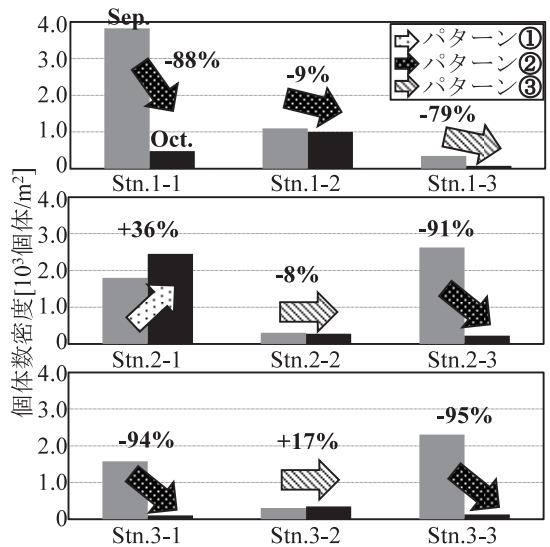


図6 青潮発生前後における個体数密度の比較(江戸川放水路、全種類の合計値を対象)

よりも海域インパクトの影響が相対的に小さいのは、図-5に示すように、青潮を伴う貧酸素水塊のDOがより湾奥部に位置する河川内干潟に到達する頃にはやや増加しているためであると推測される。青潮による海域干潟のアサリを代表とした二枚貝の大量死は長年の課題であり、この青潮の影響を回避した形で二枚貝生態系の保全・再生を考えると、一般的な前浜干潟とともに、海域インパクトの影響を受けにくい河川内干潟の整備を行うことが、今後重要な役割を果たすものと考えられる。

(3) 同一河川内干潟の海域影響の差異とその要因

次に、同一河川内干潟における青潮影響の差を比べるために、江戸川放水路における青潮発生前後の個体数密度の変化を図-6に示す。ここでは、全9地点における青潮前(9月)と後(10月)の全種類の個体数密度を図示している。また、図中には、青潮前後での個体数密度の増減率も表示されている。これより、青潮発生前後では、①増加傾向(Stn.2-1のみ)、②横ばいもしくは減少傾向(Stns.1-1, 1-2, 2-3, 3-1, 3-3)、③元々の個体数密度が小さい(Stns.1-3, 2-2, 3-2)、という3パターンに分類できる。このうち、パターン③の地点ではカキ礁ができるほど、カキ等のサイズの大きい二枚貝が生息していたため、個体数密度で見ると小さい。

残りのパターン①と②の違いが生じた要因を調べるために、両パターンの地点における含泥率や強熱減量、酸化還元電位を図-7に示す。ここで含泥率と強熱減量には表層2cmと直下5cmの平均値、酸化還元電位は底面下10cmと20cmの平均値を示す。まず含泥率としては、パターン①の含泥率はパターン②よりも高く、その様子は

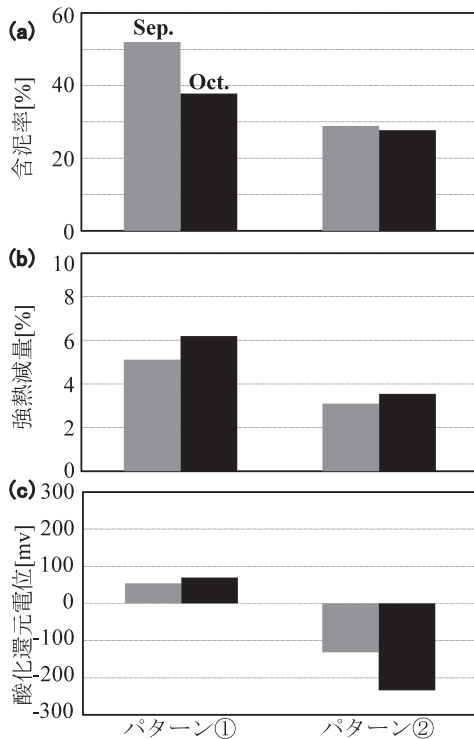


図-7 青潮前後におけるパターン①と②の地点の含泥率(a)と強熱減量(b)と酸化還元電位(c)の変化

青潮前後で変化しない。強熱減量においても、青潮発生に関わらず、パターン①の値はパターン②よりも高い。酸化還元電位については、パターン②の値はマイナスとなり、青潮後にはより嫌気的な環境になっている。一方、パターン①では、酸化還元電位は青潮前後共に正であり、青潮発生に関わらず好気的な環境が保たれている。以上より、パターン②の地点では、底質の泥分や有機物量が少なくかつ青潮後に還元状態が進行したが、パターン①の地点では豊富な泥が堆積し、青潮インパクトを受けても酸化状態を維持していた。パターン①の地点ではこのような土壌環境により、海域インパクトに晒されても二枚貝生態系が維持されており、この結果は今後の干潟再生・保全技術進展に向けた貴重な知見になり得る。

#### 4. まとめ

本研究では、二枚貝生態系に関わる「インパクト－レスポンス関係」やそれと干潟構造の関係を明らかにするために、東京湾湾奥部に流入する江戸川・荒川の河川内干潟を例に、二枚貝現存量や水底質環境・地形変化調査を行った。得られた主な結論は、以下の通りである。

1) 二枚貝の優占種としては、江戸川ではアサリ、オキシジミ、ホトトギスガイ、荒川ではヤマトシジミのみであり、この違いは淡水供給・海水遡上状況の違いに

よる塩分環境の差であることが示された。また、この差を反映して、青潮による海域インパクトの影響は江戸川では現れたものの、荒川では見られなかった。

- 2) 青潮によるアサリの湿重量密度の変化量は、海域干潟（三番瀬）では88%減少したのに対して、河川内干潟（江戸川放水路）では35%の減少に留まった。これは、青潮を伴う貧酸素水塊のDOがより湾奥部に位置する河川内干潟に到達する頃にはやや増加したためであり、河川内干潟の方が相対的に海域インパクトの影響を受けにくいことが示唆された。
- 3) 同一の河川内干潟における青潮インパクトの影響の差を見ると、二枚貝の個体数密度が青潮発生前後で増加する傾向（パターン①）や横ばいもしくは減少する傾向（パターン②）などが確認された。このパターン②の地点では、底質の泥分や有機物量が少なくかつ青潮後に還元状態が進行したが、パターン①の地点では豊富な泥が堆積し、青潮インパクトを受けても酸化状態を維持しており、このような土壌環境により海域インパクトに晒されても二枚貝生態系は維持されていたことが明らかとなった。

**謝辞：**船橋漁業及び千葉県水産総合センターには青潮前後の三番瀬のアサリ漁獲量データを提供して頂き、海上保安庁には千葉灯標水質モニタリングデータを提供して頂いた。さらに、東京理科大学理工学部土木工学科水理研究室学生には、観測作業を協力して頂いた。ここに記して深甚なる謝意を表します。

#### 参考文献

- 奥谷喬司 (2006) : 日本の貝2, 学研, pp.1-204.
- 加藤 真 (1996) : 総論, WWF Japan Science Report, Vol.3, pp.119-157.
- 菊池泰二 (2000) : 干潟は、いま: 総論, 海洋と生物, Vol.22, No.4, pp.300-314.
- 上月康則・大谷杜介・山中亮一・平井 研・齋藤 梓・酒井 孟・藤木洋二・岩雲貴俊 (2009) : 大阪湾湾奥に造成された人工海浜の底生生物に及ぼす貧酸素化・青潮の影響, 土木学会論文集B2 (海岸工学), Vol.B2-65, No.1, pp.1211-1215.
- 千葉県HP : 貧酸素水塊速報 (平成22年9月14日観測結果), (<http://www.pref.chiba.lg.jp/lab-suisan/suisan/suikaisokuhou/>).
- 千葉県農林水産部HP : 第21回三番瀬漁場再生検討委員会の開催結果 (平成23年1月31日掲載), (<http://www.pref.chiba.lg.jp/suisan/jouhoukoukai/shingikai/sanbansegojyou/kaisai/21-kekka.html>).
- 東京湾河口干潟保全検討会 (2004) : 東京湾河口干潟保全再生検討報告書, pp.214-232.
- 二瓶泰雄・高村智之・渡邊敬之 (2007) : 東京湾主要流入河川における流量モニタリングの現状と課題, 海岸工学論文集, Vol.54, pp.1221-1225.
- 日向野純也 (2005) : 貧酸素・硫化水素・浮泥等の環境要因がアサリに及ぼす影響, 水産総合研究センター研究報告, 別冊第3号, pp.27-33.