

# 沿岸域の環境評価のためのマハゼおよび その生活史特性の活用の可能性

吉田 潤<sup>1</sup>・上村 了美<sup>1</sup>・古川 恵太<sup>2</sup>・岡田 知也<sup>1</sup>

<sup>1</sup>国土技術政策総合研究所 沿岸海洋・防災研究部 海洋環境研究室 (〒239-0826神奈川県横須賀市長瀬3-1-1)

<sup>2</sup>国土技術政策総合研究所 沿岸海洋・防災研究部 (〒239-0826神奈川県横須賀市長瀬3-1-1)

湾奥に貧酸素水塊が広がり厳しい環境の東京湾の中で、沿岸域（特に運河域を含めた都市臨海部）が、生物の生息場として高いポテンシャルを有し、さらに高い生態系サービスを提供できる場として注目されてきている。しかし、現状では沿岸域一体を横断的に評価できる指標および手法が不十分である。そこで本報告ではそうした環境再生の効果を分かりやすく評価する手法として、沿岸域一体を生息場とする東京湾奥部のマハゼに着目し、その生活史や分布特性を沿岸域の環境評価に活用する方策について検討を行った。

キーワード 沿岸域、環境評価、マハゼ、東京湾、自然再生

## 1. はじめに

東京湾の自然再生については、今日様々な取り組みが官・民・学のそれぞれにおいて、またその連携・協働によって活発化している。2002年2月には、関係省庁と関係地方公共団体を構成メンバーとする東京湾再生推進会議が設立され、翌年の2003年3月には「東京湾再生のための行動計画」が策定された。

こうした「東京湾再生」の流れのなかで、近年では沿岸域、特に多くの人が生活する運河域などの都市臨海部が、生物の生息場として高いポテンシャルを有し、また高い生態系サービスを提供できる場として注目されてきている。また、このような沿岸域の持続的な利用や生態系サービスの向上において、統合的沿岸域管理の重要性が、アジェンダ21や海洋基本法をはじめ国内外様々なところで指摘されている。

ところが、現状においては、沿岸域一体を横断的に評価できる指標および手法が不十分なため、環境評価の結果を統合的な沿岸域の管理へ反映できない状況である。そこで著者らは、それを解決する手法として、流域を横断する生物の特性を利用して、環境を横断的に評価する手法を構築することを考えた。

著者らは、その対象生物として、マハゼに着目した。なぜなら、マハゼはその多くが1年魚であり、沿岸から水深15 m以浅を生息域とし、内湾域と河口域を行き来する特性を持っている生物だからである。その生活史は、

春に深場（水深8 m～15 m）で発生し河口域へ遡上し、春から夏にかけて浅場砂泥域（水深0 m～3 m）で生活し、秋に成熟とともに徐々に深場へ移動し、冬に深場で産卵する（図-1）。また、マハゼは水質や底質などの環境変化および浅場の埋立等の生息場所そのものの減少等の影響を受けている生物だからである。例えば東京湾におけるマハゼの漁獲量は、1962年以前は100 tから300 t程度の漁獲があったが、その後は激減し、2003年には5 tにまで落ち込んでいる<sup>1)</sup>。

そこで本研究では、このように沿岸域一体を生息場とし、近年の沿岸域の環境変化の影響を受けているマハゼが、沿岸域の広域的な環境を表現する指標として活用できるかについて明らかにすることを目的とする。

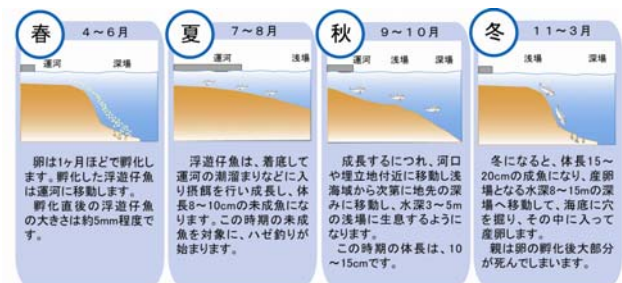


図-1 マハゼの生活史<sup>2)</sup>

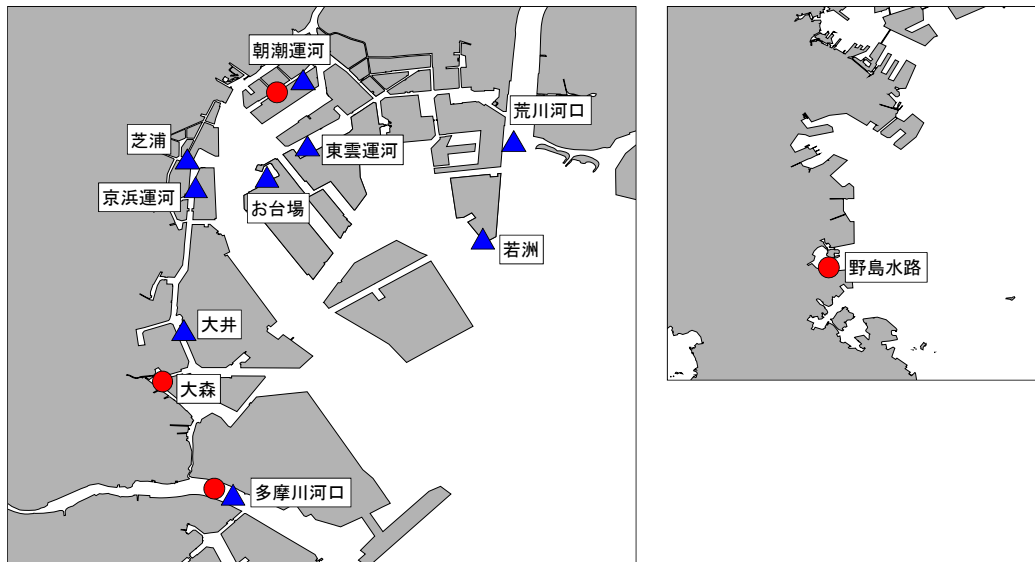


図-2 調査地点図（左；東京湾奥部，右；神奈川県側）（●：全長組成分布解析地点，▲：耳石解析地点）

## 2. 検討方法

### (1) マハゼの採取

マハゼを 2009 年から 2012 年夏季にかけて東京湾奥部ならびに神奈川県側の各地点において採取した（図-2）。採集方法は、各調査時期のマハゼの生息場所に応じて、釣りや投網、刺網等の漁具を使用して採捕を行った。採取された全個体の全長を計測した。

### (2) 全長組成分布解析

採取した中で多摩川河口（2009年10月,11月），大森ふさとの浜辺公園（大森）（2011年6月,8月,9月,10月，2012年5月,6月,8月），朝潮運河（2009年6月,9月,10月），野島水路（2011年9月,10月,11月）の計4地点（図-2(●)）における全長組成分布に対して，分布の特徴を表す統計量として分散と歪度（わいど）の値を求めた。

### (3) 耳石解析

2009年7月～10月にかけて採取された多摩川河口，大井ふ頭中央海浜公園（大井），京浜運河，芝浦アイランド南護岸（芝浦），お台場海浜公園（お台場），東雲運河，朝潮運河，荒川河口，若洲海浜公園（若洲）の計9地点（図-2(▲)）の各地点5～10個体について，輪紋数，輪紋幅，耳石のSr，Ga含有量（EPMA法により3 μm毎）を測定した（図-3）。耳石の輪紋の日周性<sup>3)</sup>を用いて，採集日から輪紋数をさかのぼることでマハゼのふ化時期の推定を行った。また，海水と淡水を行き来する魚類は，高塩分下では耳石のSr/Ca（カルシウムに対するストロンチウム比）が高く，低塩分下では低い値を示すことが知られている<sup>4)</sup>。つまり，深場で産卵し浅場へ移動して生活することは一般的に塩分が高い場所から低い場所へ移動したことになり，Sr/Caも高い値から低い値になる

ことが推測される。その事を利用して輪紋幅，輪紋数から日齢ごとのSr/Ca値を抽出し塩分環境を推定した。

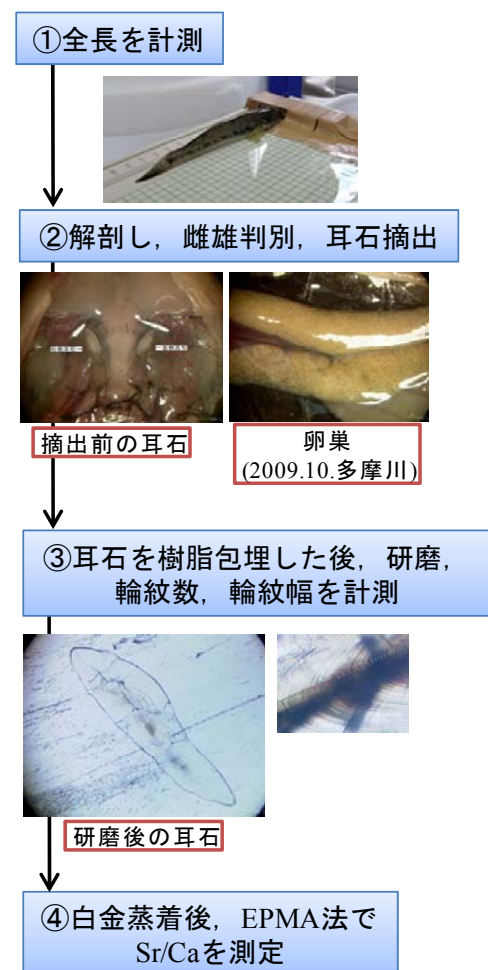


図-3 耳石解析の流れ<sup>3)</sup>

### 3. 結果

#### (1) 全長組成分布解析

全長組成分布の一例として、大森と野島水路において採取されたマハゼの全長組成分布図を図-4に示す。大森は2011年6月、8月、10月の全長組成分布図である。6月は左右対称の形状をしているが、8月から10月にかけて時間経過とともに小さい側の分布幅が狭く、大きい側の分布幅が広がる歪度が正となる分布となり、その歪度は8月よりも10月の方が大きかった。また分散についてはほとんど変化していなかった。また、野島水路は2011年9月、10月、11月の全長組成分布図である。9月は左右対称の形状をしているが、10月から11月にかけて時間経過とともに歪度が増加し、その歪みは10月よりも11月の方が顕著であった。また、分散も徐々に大きくなっていった。

図-5は、各地点毎に分散と歪度の時間的な変化を示

したものである。

大森は、2011年6月から10月にかけて、分散は時間経過に対する変化はなく、ほぼ一定（89～123）だった。しかし、歪度は-0.1から0.7に徐々に大きくなっていった。同じく2012年5月から8月にかけて、分散は時間経過に対する変化はなく、ほぼ一定（49～80）だった。しかし、歪度は0.3から0.8に徐々に大きくなっていった。

朝潮運河は、2009年6月から10月にかけて分散は、101から184に大きくなっていったがその値自体は小さかった。また、歪度は6月から9月に-0.3から0.0に大きくなっていったが、9月から10月にかけてはほぼ横ばいだった。

多摩川河口は、2009年10月から11月にかけて分散は、309から343に大きくなっていった。また、歪度も0.5から0.7に大きくなっていった。

野島水路は、2011年9月から11月にかけて分散は183から466に大きくなっていった。また、歪度も-0.1から0.7に徐々に大きくなっていった。

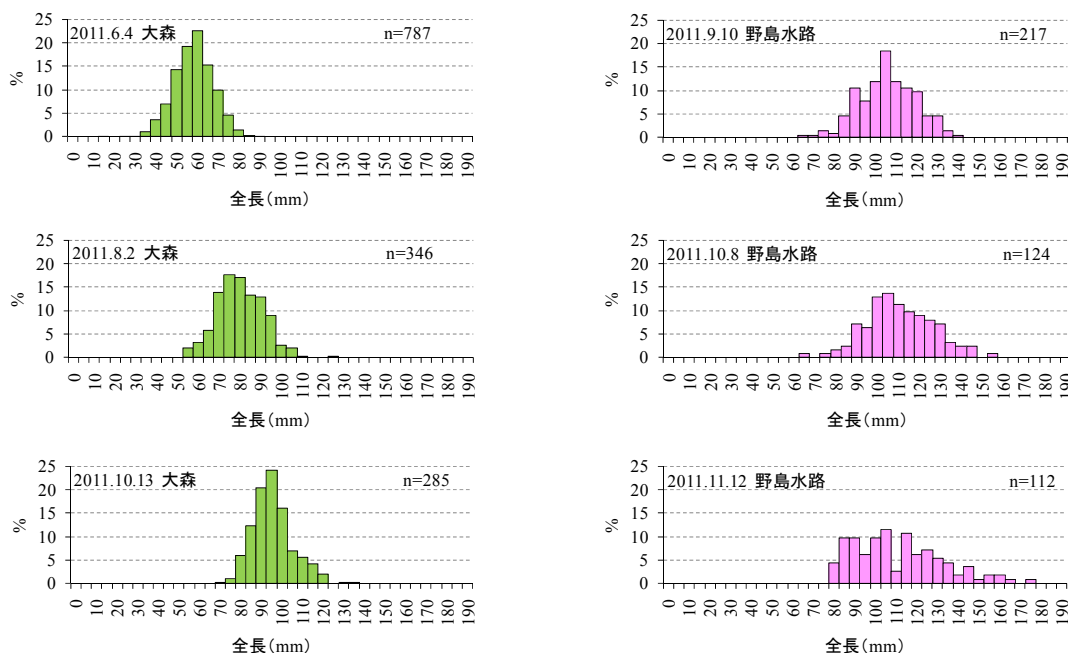


図-4 大森（左）と野島水路（右）における全長組成分布

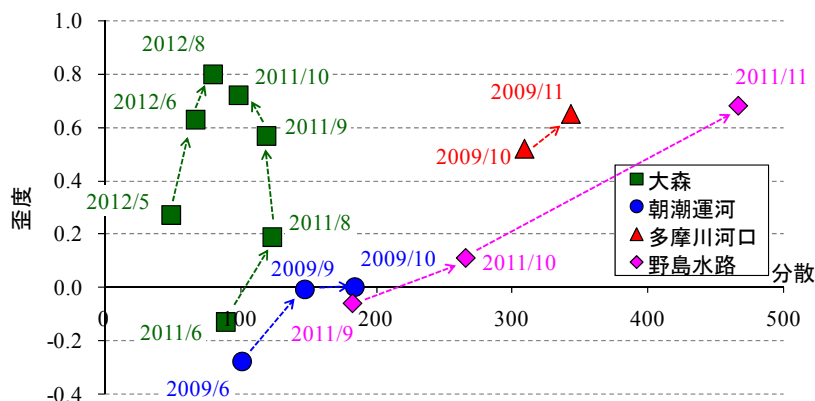


図-5 分散と歪度関係図（図中の数字は採取日を示す）

## (2) 耳石解析

採集日と輪紋数から推定されたふ化時期を図-6に示す。全体では1月から2月にふ化した数が最も多く、次いで4月に再びピークが見られた。多摩川河口と朝潮運河について地点別にみると、多摩川河口のふ化時期は12月から2月にふ化した個体と5月から6月にふ化した個体があったのに対して、朝潮運河は3月から5月にふ化した個体のみだった。

### a) ふ化後からのSr/Ca変動

個体毎にふ化直後を0日齢とし、その後捕獲されるまでの日齢毎のSr/Caの値の変動を、目視によって比較したところ、パターン1：高塩分→低塩分（定説）、パターン2：低塩分→高塩分、パターン3：一定の3パターンとその他があった（図-7）。

図-8に、その変動パターンを採取地点別に示す。パターン別にみると、マハゼ生活史の定説であるパターン1は多摩川河口、大井、芝浦、荒川河口、若洲では各地点の4割から6割を占めていたが、朝潮運河は2割しか存在しておらず、京浜運河、お台場、東雲運河は存在していなかった。また定説と真逆であるパターン2は多摩川河口以外の地点で存在していて、京浜運河は6割、お台場、東雲運河、朝潮運河、荒川河口、若洲では4割、大井、芝浦では2割を占めていた。さらにどちらにも属さないパターン3は若洲以外の地点で存在していて、お

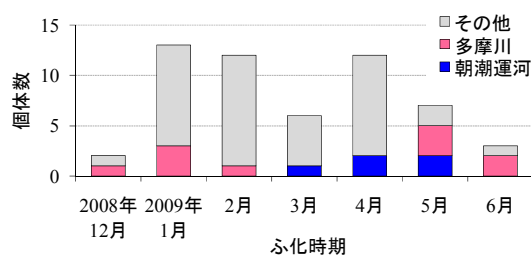


図-6 輪紋数から推定されたふ化時期

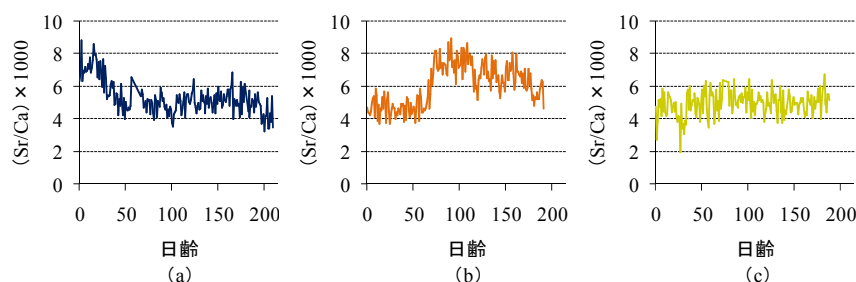


図-7 日齢に伴う耳石のSr/Caの変動パターン。(a) パターン1：高塩分→低塩分、(b) パターン2：低塩分→高塩分、(c) パターン3：一定

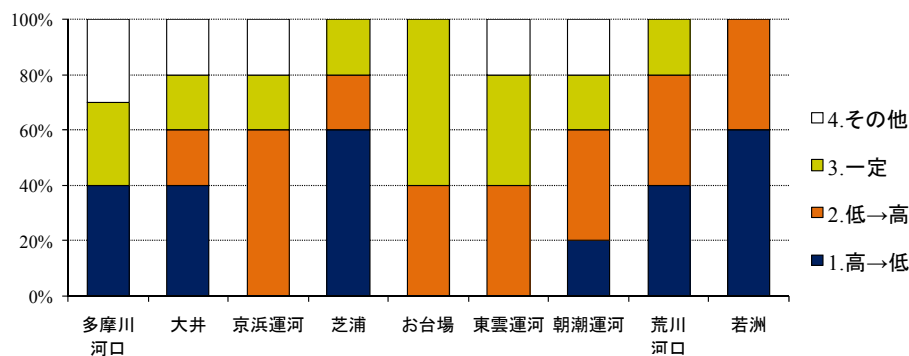


図-8 採取地点別の変動パターンの割合

台場が6割、東雲運河が4割、多摩川河口、大井、京浜運河、芝浦、朝潮運河、荒川河口が2割から3割を占めていた。

地点別にみると大井、芝浦、朝潮運河、荒川河口はパターン1からパターン3の全てが混在していた。京浜運河、お台場、東雲運河はパターン2とパターン3が混在していた。多摩川河口はパターン1とパターン3の個体が混在しており、若洲はパターン1とパターン2が混在していた。

## 4. 考察

### (1) 全長組成分布解析

全長組成分布の分散と歪度の関係において、成長に伴い分散と歪度が共に大きくなるパターン（パターンA）と分散は一定で歪度のみ大きくなるパターン（パターンB）そして、分散および歪度が成長に伴ってあまり大きく変化しないパターン（パターンC）の3種類のパターンがあった。

パターンAは、元の集団に加えて生まれが異なる集団が加入したりすることによって生じると考えられる。パターンBは、元の集団の中から大きな個体はその水域から出てしまうことによって生じると考えられる。また、パターンCは、出入りがあまりないことによって生じると考えられる。

ここで、生態系ネットワークの形成に重要な要素となる生息・生育空間のネットワーク（生息場のつながり）について着目してみる。

パターンAは、その周辺水域には産卵時期が異なる産

卵場が存在し、その産卵場からの供給の経路が形成されていることを示すだろう。パターンBは、その周辺水域には産卵時期が異なる産卵場が存在しないことと、転出の経路のみが形成されていることを示すだろう。また、パターンCは、周囲の産卵場や生息場がネットワーク化されておらず、孤立した状態にあることを示すだろう。

パターンAには、多摩川河口および野島水路が属していた。既往の水質・底質調査結果<sup>5)</sup>によると、多摩川河口および野島水路周辺の底質環境は比較的に良く、多摩川河口や野島水路周辺では貧酸素水塊はそれ程強くないことから、産卵場が多く存在することと、環境条件が生物の移動の障害とならないことなどから、周囲の産卵場や生息場をつなぐネットワークが形成されているという推定は妥当であると考えられる。耳石解析も多摩川河口における産卵時期の広さを示しており（図-6）、この推定と矛盾しない。

パターンBおよびCには、大森および朝潮運河が属していた。既往の水質・底質調査結果<sup>6)・7)</sup>によると、大森および朝潮運河周辺の底質環境はほぼヘドロであり、貧酸素水塊は水面から3 m程度まで達するほど強いことから、産卵場の存在は期待できず、周囲の産卵場や生息場とのネットワークのつながりが弱いという推定は妥当であろう。耳石解析も、朝潮運河における産卵時期は3-5月に限定されることを示していた（図-6）。

これらから、マハゼの全長組成分布は、水質環境および底質環境を反映した、マハゼの産卵場の分布やネットワークの有無、つながりの強さなどの評価に利用できると考えられる。

## (2) 耳石解析

耳石の変動パターンには大きく2つのグループがあった。定説の行動パターンが主体である多摩川河口、大井、荒川河口、若洲と定説のパターンがほとんどない京浜運河、お台場、東雲運河、朝潮運河の運河域のグループである。（ただし芝浦は例外的であった。）運河域のグループにおいて、パターン1がないことは、運河域のマハゼは本来の生活史に沿う移動が全くできていないことを示す。この要因は、11月まで続く貧酸素水塊の影響<sup>6)</sup>や周辺の深場がヘドロであり産卵場として利用できないことが容易に考えられる。逆に、多摩川河口、大井、荒川河口および若洲のようにパターン1が存在する水域は、周辺に産卵場として機能し得る深場が存在し、その深場からの移動が保たれていることを示す。

このことから、耳石解析も、マハゼのネットワークの評価ができると考えられる。全長組成分布解析によるネットワークの評価との違いは、全長組成分布解析は産卵時期の幅に基づいている点に対して、耳石解析は深場からの移入に基づいている点である。

## (3) まとめ

以上のようなデータをもとに、全長組成分布解析および耳石解析の両方のデータがそろっている多摩川河口と朝潮運河に対して、生態系ネットワークの評価を試みる。

河口干潟などもある多摩川河口には、全長組成分布解析および耳石解析の結果から、自然な幅広い産卵期間を持つ幾つもの産卵場からの供給の経路が存在した。故につながりの強い生態系ネットワークが存在していると評価できる。

一方、人工環境に囲まれた朝潮運河には、限定された産卵期間しかない産卵場からの加入しかなく、しかもそのつながりは非常に弱い場だった。生態系ネットワークの視点からは、生息場もつながりも劣化している状況と評価される。

このように内湾域から河口域までを生息場とするマハゼの全長組成分布解析や耳石解析は、生態系ネットワークの評価といった沿岸域の広域的な環境を表現できる指標として利用できる可能性がある。

## 5. おわりに

本報告では、沿岸域一体を生息場とするマハゼが、沿岸域の広域的な環境を評価する指標として活用できるかどうか検討を行った。その結果、マハゼの全長組成分布解析や耳石解析は、生態系ネットワークの強さ、生息場の広がりといった沿岸域の広域的な環境の評価指標として利用できる可能性があることが示された。

今後は、マハゼの生態系ネットワークのさらなる解明に向け、移動経路のモデル化、検証を行うこととしている。

## 参考文献

- 1) 工藤貴史, 吉野暢之 (2010) : 東京湾における人とマハゼの関係史, 財団法人東京水産振興会, 水産振興 第 516 号, 62pp.
- 2) 国土技術政策総合研究所沿岸海洋・防災研究部海洋環境研究室 (2008) : 東京湾環境マップー京浜運河編ー
- 3) 上村了美 (2012) : マハゼの耳石が語ること, 社団法人海洋調査協会, 海洋調査協会報 No.107, pp.15-19.
- 4) 新井崇臣 (2002) : 魚類の回遊履歴 : 解析手法の現状と課題, 魚類学雑誌 49, pp.1-23
- 5) 八木宏, 江連伸明ら (2007) : 東京湾羽田周辺水域における貧酸素水塊と懸濁物質の時空間変動特性, 海岸工学論文集, 第 54 巻, pp.1036-1040.
- 6) 岡田知也 (2012) : 東京湾の海辺の自然再生に向けた取り組み, 公益法人日本水環境学会, 水環境学会誌 第 35 巻第 5 号, pp.151-154.
- 7) 岡田知也, 古川恵太 (2010) : 運河部の貧酸素水塊に及ぼす内湾部の貧酸素水塊の影響, 海洋開発論文集, Vol.26, pp.663-668.