

#### 4. 淀川河口域～大阪湾奥部の貧酸素水塊形成と陸域からの流入負荷および海域の流動環境との関係 ー海からの視点ー

杉本隆成

##### 4.1 はじめに

淀川河口周辺域では、赤潮と貧酸素水塊の発生が慢性化し、富栄養化に伴う水質の汚濁と、貧酸素化に伴うベントスの成育環境の悪化が著しい。その原因を究明するために「淀川下流・河口域の栄養塩収支」に関するワークショップを2004年11月13日に、下表に示すようなプログラムで行い、翌日の11月14日に、マイクロバスを用いて淀川中下流域の現場視察を行った。また、翌年2005年の8月16日に淀川河口域の視察と大阪府の大野下水処理場の見学、10月8日には京都市上下水道局の鳥羽水環境保全センターの見学を行った。

本章では、上述その他のミニワークショップおよび現場視察とあわせて行った既往文献の調査に基づいて、淀川河口域～大阪湾奥部の赤潮と貧酸素水塊の形成に関与する栄養塩流入負荷と流動環境の特徴について整理したことと、環境修復のための解決策についても、海からの視点で言及する。

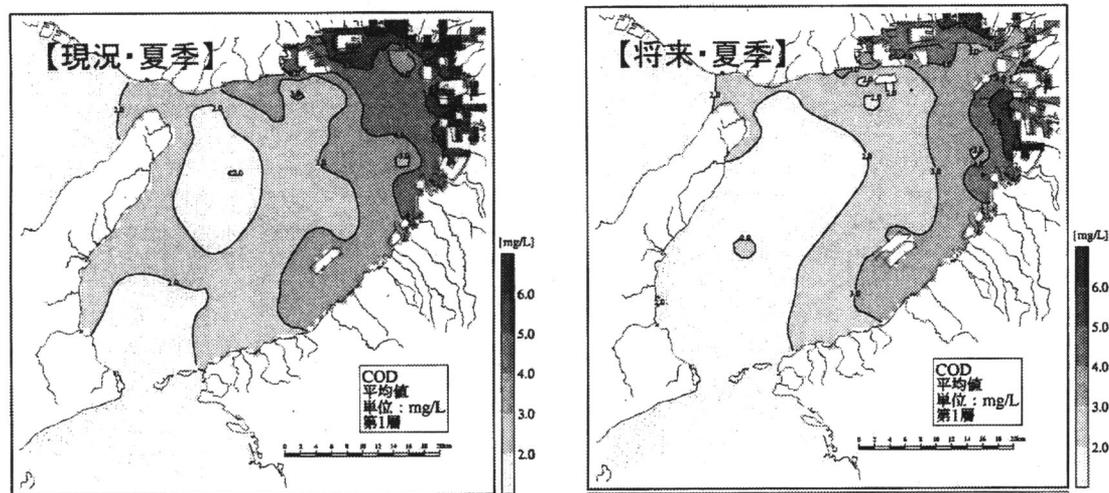
「淀川下流・河口域の栄養塩収支」ミニワークショップ	
日時：2004年11月13日（土）10:30 - 16:30	
場所：総合地球環境学研究所 1階大セミナー室	
	【プログラム】
	司会：杉本隆成（地球研客員教授 東海大学海洋研究所教授）
09:30	開 場
10:30-10:45	ワークショップ主旨説明 杉本隆成
10:45-11:20	湖沼・河川・河口域におけるリンの挙動 永田俊（京大大学生態学研究センター）
11:20-11:55	大阪湾奥部に対する陸からのN, P負荷量 佐々倉論・石野哲（国土環境株式会社大阪支店環境技術グループ）
11:55-12:30	河川の栄養塩浄化機能 中本信忠（信州大学繊維学部）
	昼 食
13:45-14:20	大阪湾奥部の栄養塩収支と赤潮・貧酸素水塊形成 柳哲雄（九州大学応用力学研究所）
14:20-14:55	大阪湾のエスチュアリー循環流と物質輸送・貧酸素水塊形成 藤原建紀（京都大学農学研究科）
	休 憩
15:10-16:30	討 論 コメンテーター：日下部敬之（大阪府立水産試験場） 森正次（大阪府環境農林部水産課） 谷内茂雄・中野孝教・田中拓弥（総合地球環境学研究所）他
*****	
「淀川中下流域の視察」	
日時：2004年11月14日（日）08:30-16:30	

#### 4.2 陸域からの栄養塩流入負荷の影響

河川には、山地、農地、工場、住宅地、下水処理場等から、窒素、リン等の栄養塩類や、土砂礫、残留農薬など、さまざまな物質が流入する。それらは河川内での自浄作用を受けながら、河口から海へと流出する。河口域で海水に接したコロイド状の粘土粒子は、電気的に中和されてフロックを作り、有機物粒子も吸着しながら沈降する。海底に堆積した粒状有機物は、溶存酸素を消費しつつ分解し、夏季は海面加熱と淡水供給量の増加に伴う海水の密度成層化によって、上層から下層への酸素供給が断たれるために、底層水の無酸素化が生じる。その結果、海底で泥からリン酸塩が溶出しやすくなり、陸域からの供給と同程度にも達する。これらが湾奥部の海水の停滞域で始まる赤潮発生と持続の原因になっている。

大阪湾や東京湾、伊勢・三河湾などの閉鎖的内湾の奥部では、水質・底質のこのように著しく悪化した状況が夏季を中心に生じ、アサリなどのベントス類の激減に大きく関わっていると考えられている。これらの問題を解決するために、大阪府下の下水処理場では、有機物分解やリン・窒素除去の高度化に努め、港湾内外ではヘドロの浚渫や覆砂にも力が注がれている。しかし、河口周辺域および港湾内から湾奥部における夏季の貧酸素水塊は、それらの努力を以てしても依然として解消することが困難な状況にある。

図 4.2-1 (a) および (b) は、それぞれ大阪湾奥部における夏季の表層の COD 濃度の、現時点における分布と、陸域からの有機物負荷量をピーク時の 3 分の 1 程度に削減した 10 年先を予測計算した濃度分布である(大阪湾再生推進会議, 2005 エラー! 参照元が見つかりません。)。これによれば、表層の COD 濃度に加えて、底層の溶存酸素濃度も、大阪湾全体スケールではかなり改善されるものの、湾奥部では望ましいレベルである表層 COD 5mg/L 以下, 底層 DO 3mg/L/L 以上には届かないことが指摘されている。



出典) 大阪湾再生推進会議(2005): 大阪湾再生推進会議 (第 3 回) 資料 エラー! 参照元が見つかりません。 より一部改変

図 4.2-1 (a)

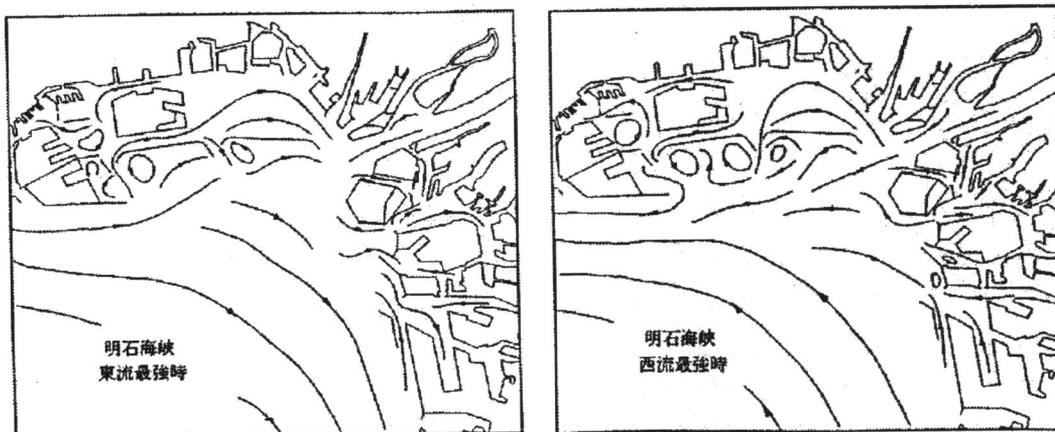
図 4.2-1 (b)

つぎに、分布を内湾規模で考えるさいには、基礎生産に伴う栄養塩類や溶存酸素の収支を検討するだけでなく、海水交換の実態とその役割を定量的かつ構造的に明らかにすることが必要である。さらに、漁業生産との関連においては、魚類の生活史サイクルや再生産に及ぼす富栄養化の影響と環境容量（収容力）、および生物生産による浄化機能についても定量的に明らかにしておくことが重要である。それらの構造と変動のプロセス理解の上にはじめて、陸域負荷と海洋における収支を繋いだ水質環境の修復・保全策を、総観的かつ合理的に検討することができるものと思われる。そこで次節では、海域の流動と物質の輸送機能について論じる。

#### 4.3 海域の流動が物質の輸送と分布に及ぼす影響

沿岸海域の流れは、一般に潮流、河口密度流、風波と吹送流、および沖合からの異水塊の流入に伴う流れによって構成されている。これらの外力で駆動される流動場は、さらに、浅くて変化に富む沿岸海洋の水深と海岸・海底地形の影響を強く受けたものとなる。以下、大阪湾の奥部に重点をおいて、素流系の流れの特徴について示す。

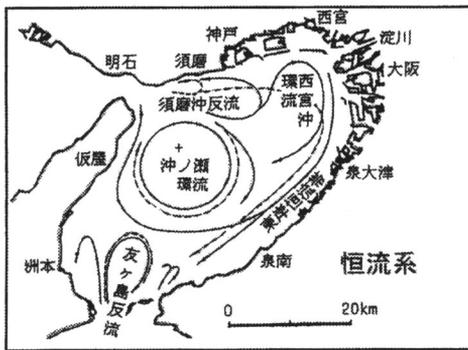
まず水理模型実験から得られた、大阪湾奥部の大潮期の潮流の流況を明石海峡の東流最強時および西流最強時について、それぞれ図 4.3-1 (a) および (b) に示す(荒木, 2004<sup>2)</sup>)。淀川河口域における流れは東流時に流入し西流時に流出するのが見られる。また、潮汐残差流（一潮時平均した流れ、恒流）の流況の模式図を図 4.3-2 に示す(藤原建ら, 1989<sup>3)</sup>)。湾の中央部に時計回りの強い環流（沖の瀬環流）、奥部には弱い時計回りの西宮環流が見られる。また、明石海峡と友ヶ島水道では、強い潮流により鉛直混合が活発に行われる。



出典) 荒木俊雄 (2004)<sup>2)</sup> より引用

図 4.3-1 (a)

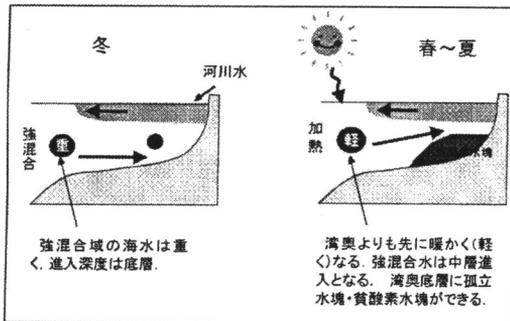
図 4.3-1 (b)



出典) 藤原ら (1989) <sup>3)</sup> より引用

図 4.3-2

つぎに、淀川河口付近における淡水流入に伴う密度流についてみると、河口から流出する低密度の河川系水は、1 日以下の時間スケールでは、下層の海水を取り込みつつ希釈されながら、比較的高密度の海水の上をジェット状ないし扇状に拡がる傾向を持ち、潮流の影響を受けて下げ潮後期から干潮時にかけて強く流出する。河口先の平均的な密度流の鉛直断面構造を、海面冷却による鉛直混合の影響の強い冬季と、海面加熱による密度成層化が強くなる春～夏季について模式的に図 4.3-3 に示す (藤原, 2005<sup>4)</sup>)。春～夏には湾奥部の底層に比較的冷たく密度の大きな水塊が停滞し、貧酸素化する原因のひとつになっている。



出典) 藤原 (2005) <sup>4)</sup> より引用

図 4.3-3

河口先に拡がった表層の低密度水の水塊のさらなる拡がりには、2、3 日以上の時間スケールでは、地球自転の効果によるコリオリ力の影響をより強く受けるようになり、一般に時計回りの水平循環流を形成しつつ、岸を右に見て西側 (兵庫県側) に拡がる傾向を持つ。しかし、この密度流の流速は高々数 cm/sec であり、大阪湾の場合には、図 4.3-2 にも見られる時計回りの水平循環流が 10cm/sec 以上の流速を持ち、その影響を受けて、より長い時間スケールでは、和歌山県側の岸沿いに南下しつつ、紀淡海峡から紀伊水道へと流出する。

#### 4.4 淀川河口域～大阪湾奥部の貧酸素水塊の解消策について

淀川河口域から大阪湾の奥部一全域における上記のような流動場・輸送場の中で最も停滞性の強い水域は、湾奥部の河口先のミオ筋域を除く部分、とくに図 4.3-1 にも見られる防波堤で囲まれた神戸～西宮沖および堺港周辺の海域である。したがって、河川を經由して排出される下水処理排水の停滞を防ぐためには、第1に港湾域の海水交換を悪化させる埋立てや防波堤を極力避け、浚渫のさいには局所的な窪みを作らぬような地形にすること、また川筋と航路をミオ筋として活かし、潮流と密度流による海水交換を妨げないような地形にすることが水工学的に重要と思われる。第2には、河口域・港湾域にできるだけ干潟と藻場を造成して、栄養塩類をベントスや海草・海藻類に吸収させ、これらを陸上に回収することによって、栄養塩類のさらなる除去に務めることや、養殖場がある場合にはベントスとの複合養殖などによって海底堆積有機物の再利用化に務めることが自浄作用として重要であると思われる。しかしこれが有効に機能するためには、COD濃度を低くして透明度を保つことが前提となる。

大阪湾の場合には、中央部の環境の移流効果が強いため停滞域は奥部の沿岸域に限られる。しかし、その水域は下水処理排水負荷の10年先の努力目標においても、陸（下水処理場）と海底からの栄養塩負荷の影響が余りにも大きい。これを解決するためには、第3の方策として、食物残渣やし尿などの下水を可能な限り高度に処理した後に、処理排水の放出口を適度に沖合化することによって、環境容量にまだ余裕のある環流域に拡散させ、これによって、港内における有機汚泥の堆積と無酸素化を抑制し、ひいては底泥からのリン酸塩の溶出を削減する方法が考えられる。この手法の功罪と対費用効果等の諸条件について具体的な検討を行うことが必要と思われる。

淀川河口・大阪港周辺の場合には、すでに干潟・藻場や人工島の野鳥公園などが施行されており、水工学的な手法を組み合わせた水質の改善によって藻場等の自然浄化が相乗的に機能するようになり、再生された河口周辺域の親水的空間が生態学的にも、また保養や観光、マリンスポーツ等のアメニティ空間としても、大きな環境的価値を生み出すものと期待される。

#### 4.5 参考文献

- 1) 大阪湾再生推進会議（2005）：大阪湾再生推進会議（第3回）資料
- 2) 荒木俊雄（2004）：大阪湾における潮流の挙動に関する基礎的研究、京都大学工学部土木工学科修士論文、26pp
- 3) 藤原建紀・肥後竹彦・高杉由夫（1989）：大阪湾の恒流と潮流・渦、海岸工学論文集、36、209-213
- 4) 藤原建紀（2005）：沿岸海域の体系的理解とモデル化、月刊海洋、号外40、80-85
- 5) 日本水産資源保護協会（1987）：大阪湾における望ましい漁場環境、27pp