

大阪湾圏域における次ステップの環境再生に向けた 栄養塩循環・バランスの適正化

石垣衛¹⁾，山中亮一²⁾，中谷明康³⁾

1)広島工業大学・准教授，2)徳島大学大学院・講師，3)兵庫県漁業協同組合連合会

1. はじめに

大都市を抱える大阪湾圏域では，水質総量規制等の施策により水質は一定のレベルまで改善されたものの，埋立等にて閉鎖性度を高めた港湾域では流入負荷の滞留が解消されず慢性的な過栄養化の状態にある。一方，淡路島沖や播磨灘ではノリの色落ち等が生じており，漁業関係者から栄養塩の不足による水産資源の枯渇が叫ばれている。この様な背景には図1に示すように，栄養塩の量的な問題以外に，湾圏域における栄養循環・バランスの偏りという問題が内在している。

本研究では，大阪湾圏域における適正な栄養塩循環・バランスを再生するため，まず，湾圏域の栄養塩の偏りの実態把握と問題点を整理した。次に，図1の中に示す『陸からの負荷量の減少・偏り』に着目し，栄養塩循環・バランスの適正化に向けた下水放流水の放流手法について検討した。ここでは，改善方策として下水放流水の沖合放流の適用効果について，数値モデルを用いてその効果の予測評価を実施した。これらの結果より，今後の大阪湾再生事業において，栄養塩循環・バランスの適正化を念頭においた計画が必要となることを示した。

2. 研究内容と方法

大阪湾圏域における栄養塩循環・バランスの適正化に向けて，以下に示す2つの項目について研究を実施した。

2.1 大阪湾圏域における栄養塩の偏りの実態把握

(1)大阪湾圏域の水質情報データベースの構築

大阪湾で大規模埋立が行われた直後の1975年から2009年を対象とした地形変化，栄養塩分布状況について，既存調査資料を用いてGISデータベースを構築した。ここで，GISデータベース構築に使用した既存資料として，国土地理院発行の測量成果謄本および数値地図(1/25,000)，大阪府・兵庫県が実施する浅海定線調査データ，公共用水域水域水質データ，兵庫県漁連ノリ研究所水質調査データ等の複数の資料を用いた。

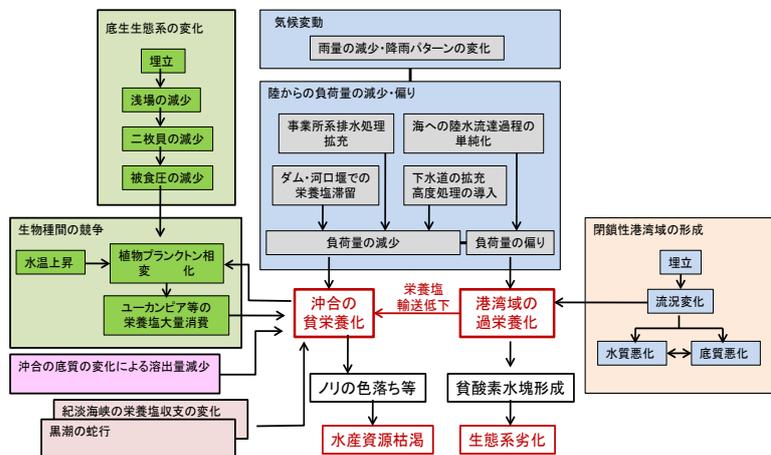


図1 大阪湾圏域の栄養塩バランス悪化の要因

(2)大阪湾圏域の栄養塩分布の経時間変化の把握と評価

構築した GIS データベースを用いて、埋立地形と栄養塩分布の経時変化図を GIS マップにて作成した。ここでは、1972 年～2009 年の各年のデータを 5 年毎に平均した値を用いて、当該年における平均的な栄養塩分布マップを表した。このマップを用いて、大阪湾で実施された大規模埋立の前後における、閉鎖性度を高めた港湾域と沖合域の栄養塩分布の実態を把握した。

2.2 栄養塩循環・バランスの適正化に向けた方策の適用効果の評価

栄養塩循環・バランスを支配する要因の 1 つとして、埋立による流況変化と下水処理場からの排出負荷の偏りが考えられる。ここでは、大阪湾圏域における埋立と下水処理場からの排出負荷との関係を数値解析により明らかにし、下水処理場からの放流を沖合放流とすることによる栄養塩分布の変化について評価した。

(1)数値解析モデルの概要

大阪湾圏域に対して、数値解析対象範囲を図 2 に示すように西端を播磨灘、南端を紀伊水道とした。地形情報は前述の GIS データベースより取得し、水深情報は海図から取得した。また、水深は尼崎港の平均海面水位を基準とした。地形に対して空間解像度を高めた不等間隔直交格子を設定し、計算格子間隔は 100m～1200m までの間で変化させ、尼崎港周辺域の計算格子間隔は約 180m とした。鉛直方向には 20 層設定しており、層厚は水面から 2m×1 層、1m×10 層、2m×4 層、3m×1 層、5m×1 層、7m×1 層、10m×1 層、15m×1 層とした。

(2)解析ケース

解析ケースとして表 3 に示す 3 つのケースを設定した。ここでは、Case1 は 2009 年を現況とし再現することを目的に設定した。また、Case2 は 1972 年～1975 年の地形を用いて 2009 年の流入負荷を与えることで、大規模な防波堤設置や埋立による下水放流水が捕捉される効果を評価した。Case3 は 2009 年の現況に対し、下水放流水を西宮防波堤南側海底より沖合放流することで、閉鎖性海域における栄養塩捕捉の緩和効果について検証した。

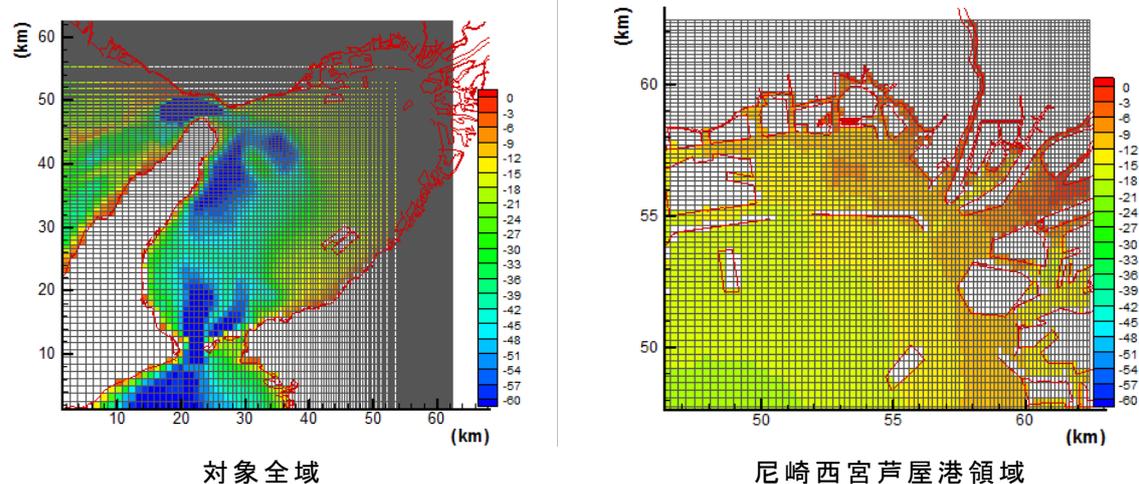


図 2 数値モデル概要

表 3 解析ケース

ケース名	地形	対象月	流入負荷量	浄水場放流位置
Case1	2009年	2月	2009年	2009年現在の位置
Case2	1975年	2月	2009年	2009年現在の位置
Case3	2009年	2月	2009年	西宮防波堤南側海底

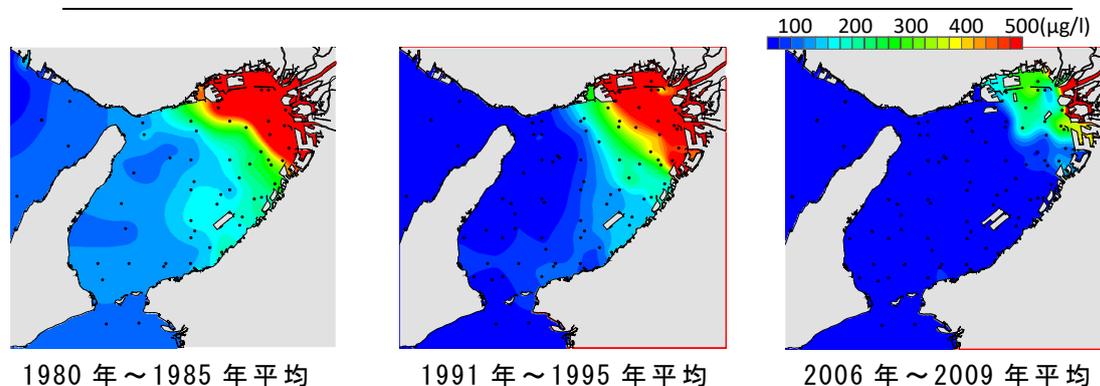


図 3 大阪湾圏域の年代別栄養塩分布（溶存無機態窒素：表層）の変遷

3. 主な結果と考察

3.1 大阪湾圏域の栄養塩分布の変遷

図 3 に GIS データベースにて作成した大阪湾圏域の表層栄養塩分布（溶存無機態窒素）の変遷図を示す。図は 1980 年～1985 年、1991 年～1995 年、2006 年～2009 年の各 5 年間を平均した冬季（2 月）の分布状況を示したものである。ここで冬季データは、一次生産が栄養塩濃度分布に及ぼす影響が小さく、当該域の流入負荷の拡散分布をある程度正確に把握できる値として採用した。

中辻ら¹⁾の報告によれば大阪湾の栄養塩濃度変化は、1980 年～1985 年に最大値を示すものの、その後、総量規制等の政策によりその値は減少に転じている。図からも、1985 年以降で栄養塩濃度は減少傾向にあり、その値は湾奥の西宮防波堤内で約 0.9mg/l（1985 年）から 0.23mg/l（2009 年）へ減少した値を示し、淡路島沖で約 0.15mg/l から 0.045mg/l へ減少した値を示した。この結果は、総量規制により大阪湾全体で水質は改善される傾向にあるものの、都市臨海部には栄養塩が偏って存在し、依然として栄養塩濃度が高い状態であること、一方でノリ漁場など栄養塩を必要とする場所の栄養塩が枯渇していることを示し、大阪湾内の栄養塩循環・バランスが崩れていることを示すものである。

都市臨海部に栄養塩が偏って存在する理由として、防波堤や埋立地にて形成される閉鎖性海域が陸域からの流入負荷を捕捉し留めていることが考えられる。特に、多くの下水処理場が位置する尼崎西宮芦屋港では、淀川や武庫川等の河川流入負荷に加え、下水放流水も大きな負荷として捕捉されていると考えられる。

3.2 埋立が下水道放流水の拡散におよぼす影響と沖合放流の効果

図 4，図 5 に大阪湾奥の潮汐残差流と塩分分布，表層栄養塩分布（T-N）の数値

解析結果を示す。Case2 では淀川河川水が河口から南下する流れを形成し、阻害されることなく湾域に拡散する結果を得た。一方で Case1 では淀川河川水は舞州に阻まれることで、一部西流になり西宮防波堤内の海域に進入する成分が生じている。また、武庫川河川水や尼崎西宮芦屋港に位置する下水処理場からの放流水も西宮防波堤の北側に捕捉される傾向にある。このことが西宮防波堤内の栄養塩が Case2 に比較して増加する傾向を招いていると考えられ、埋立や防波堤の設置が河川水や下水放流水を港内に留め、水質悪化の要因となることが示唆される。

Case1, Case3 の比較では、下水放流水を西宮防波堤沖側から沖合放流することで、尼崎港内および、鳴尾浜～甲子園浜海域の栄養塩が減少する結果を得た。この結果は、下水放流水の沖合放流を施すことで、港内への流入負荷を緩和でき、栄養塩濃度を減少させることとなり、水質改善が期待できることを示すものである。

4. 結論

GIS を用いた大阪湾水質データベースの構築により、大規模な埋立により閉鎖性海域が形成されることで、陸域からの流入負荷が当該域に補足されることを明らかにした。また、水質総量規制等の施策により、海域全体では栄養塩濃度の低下が確認され水質は改善傾向にあるものの、都市臨海部では過栄養化、沖合のノリ漁場では貧栄養化の状況であり、栄養塩が偏って存在することが明らかになった。今後の大阪湾の再生計画では、栄養塩の偏りを解消する様々な方策の検討が必要であり、例えば下水放流水の沖合放流等は有効な手法の1つであることを示した。

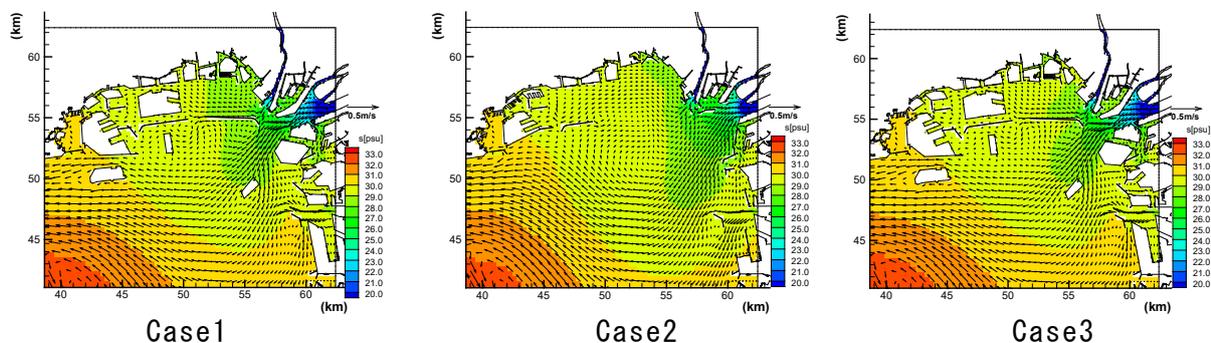


図4 尼崎西宮芦屋港における塩分の拡散状況の変化

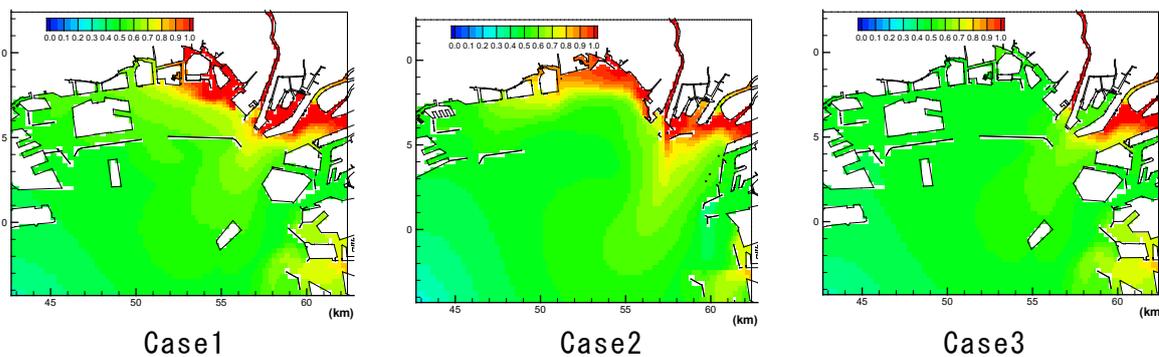


図5 尼崎西宮芦屋港における T-N の拡散状況の変化