

## 水質予測モデルの概要

## 1. 水質予測モデルの構成

## 1.1 流動モデル

流動モデルは、Blumberg and Goodrich (1990) により開発された三次元海水循環モデルに熱収支のモデルを組み込んだ改良モデルである。

本モデルは、感潮域や閉鎖性海域に通常見られる1~100km程度の空間スケールと潮汐30日間程度の時間スケールに代表されるようなメソスケール現象を表現できるような基礎方程式をモデル化したものであり、河川水の流入、降雨等に伴う淡水の供給、外海とのやりとり、潮汐流、吹送流、熱・塩分に基づく密度流により駆動される流動を再現し、鉛直混合過程を乱流モデルによりパラメータ化している。

## 1.2 水質モデル

水質モデルは、汚濁負荷物質の流入や、COD内部生産、分解及び沈降過程、底泥からの溶出過程等を基本とする閉鎖性海域の物質循環過程をモデル化し、対象海域の水質、プランクトン等を再現するモデルである。また底質からの溶出は好気層と嫌気層の2層による有機物の沈降・混合・分解、栄養塩の拡散・溶出を考慮した溶出サブモデルとなっている。

モデルの概念図を以下に示した。

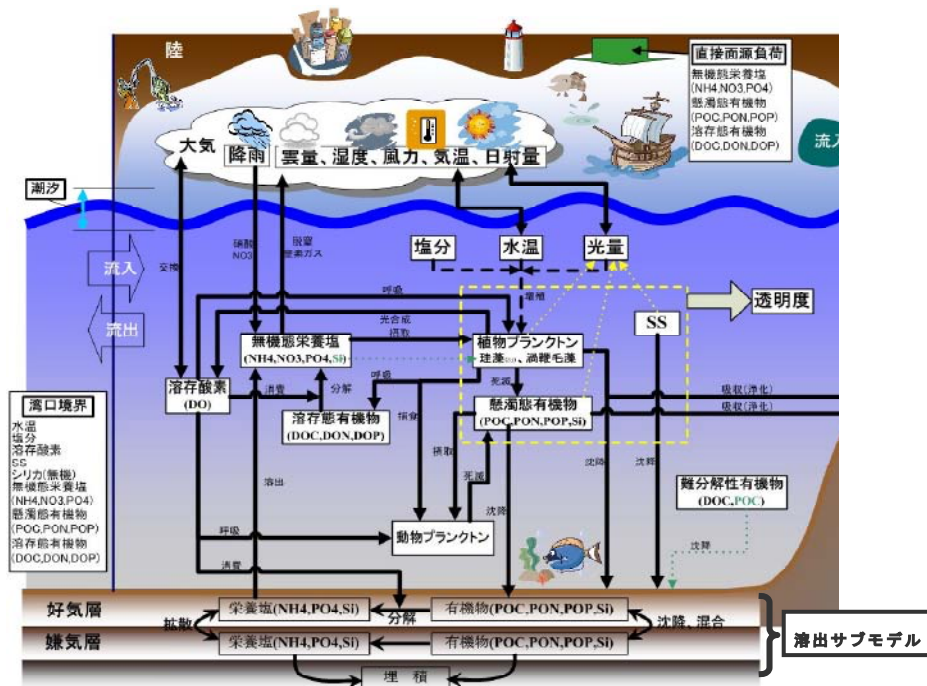


図8-1 水質予測モデルの概念図

## 2. 基本構造

本モデルの基本構造について以下のとおり整理した。

### 2.1 対象範囲

海域については、各海域の潮汐観測地点の位置より、湾全域に対して潮汐条件を与えられる範囲とし、主要河川（一級河川）については河口上流最大10km程度までを基本的な計算範囲としている。

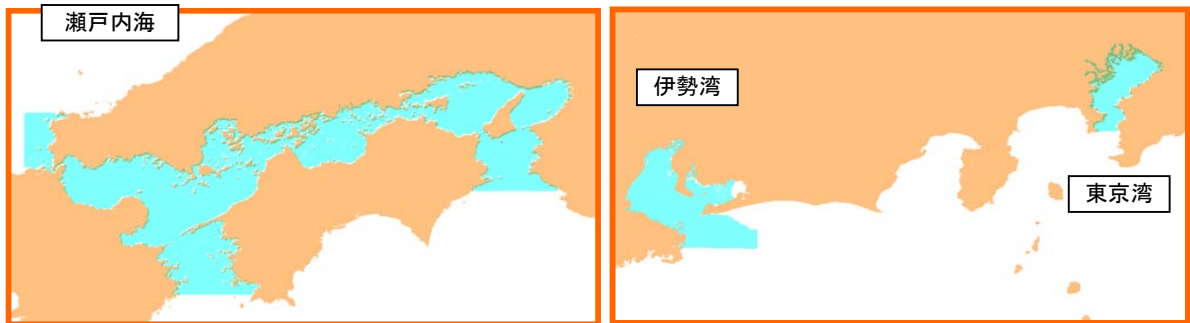


図8-2 計算対象範囲

### 2.2 計算格子サイズ

本モデルはメッシュモデルであり、鉛直方向はメッシュの平均水深を10層に均等区分している。

湾毎の水平メッシュサイズは、東京湾・瀬戸内海は全域1kmの正方メッシュ、伊勢湾は三河湾を250m～1kmの可変メッシュ、三河湾を除く伊勢湾を1kmの正方メッシュとしている。

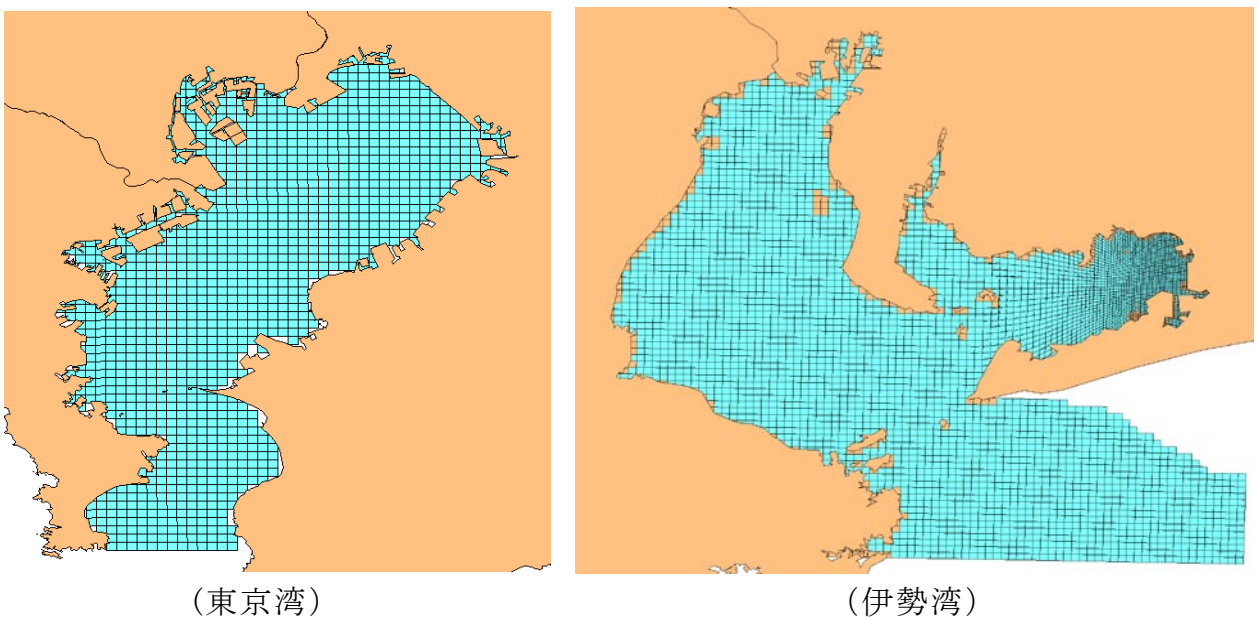


図8-3 東京湾・伊勢湾の水平メッシュサイズ

## 2.3 計算方法

日単位の汚濁負荷量や淡水流入量等を入力条件とし、流動及び水質の非定常計算を行った。

## 2.4 計算対象項目

計算対象項目は、次のとおりとした。

- 水温
- 塩分
- 植物プランクトン
- 動物プランクトン
- 炭素 (DOC、POC)
- りん (DOP、POP、 $PO_4^-$ )
- 窒素 (DON、PON、 $NH_4^+$ 、 $NO_3^-$ )
- 溶存酸素
- シリカ
- S S

## 2.5 モデル化した事象

計算対象項目に関してモデル化している主な事象は以下のとおりである。

### 1) 炭素循環

植物プランクトンは、炭素量の変化を光合成による増殖、呼吸、代謝、死滅、沈降、動物プランクトンによる捕食によって表わす。またモデル中の有機炭素は、植物プランクトン態炭素の懸濁態有機（デトリタス態）炭素、溶存態有機炭素を考慮する。なお植物プランクトン態の有機物を内部生産量とする。

### 2) りん循環

りんは、懸濁態有機りん、溶存態有機りん、りん酸態りんの3形態とし、りん酸態りんが植物プランクトン等（珪藻類、渦鞭毛藻類、大型藻類）に摂取される。動物プランクトンと植物プランクトンの細胞内のりんは、呼吸及び死滅によって懸濁態有機りん、溶存態無機りん及びりん酸態りんの3形態になる。さらに溶存態有機りん及び懸濁態有機りんは、温度依存によって分解され、溶存態無機りに回帰する。

### 3) 窒素循環

窒素は、懸濁態有機窒素、溶存態有機窒素、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素の4形態とし、アンモニア態窒素と亜硝酸態・硝酸態窒素が植物プランクトンに摂取される。また、動物プランクトンと植物プランクトンの細胞内の窒素は、呼吸及び死滅によって懸濁態有機窒素、溶存態有機窒素及びアンモニア態窒素になる。さらに、溶存態有機窒素及び懸濁態有機窒素は、温度依存によって分解され、アンモニア態窒素に回帰する。

### 4) 溶存酸素

溶存酸素は植物プランクトンの光合成、動物プランクトンと植物プランクトンの呼吸、アンモニア態窒素の硝化時の酸素消費、有機物の分解時の酸素消費、底泥による酸素消費に加え大気との交換（ばっ気）により表現する。

### 5) シリカ

シリカは、モデル内で珪藻に関係する構成要素として、珪藻が利用可能なシリカと生物由来の懸濁態シリカにより表現する。珪藻が利用可能なシリカは、珪藻の光合成、死滅、呼吸、生物由来の懸濁態シリカの分解、溶出サブモデルから算定される底泥からの溶出量により表現する。

### 6) S S

陸域から流入したS S及び内部生産により生成したS Sが浮遊、拡散、沈降していく過程を、粒径毎に沈降速度を設定して表現する。

### 7) 底質からの溶出

底質と海水の相互交換作用については溶出サブモデルとして水質モデルに組み込んだ。サブモデルは底質からの窒素・リンの溶出の影響を評価することを目的としてE P Aで開発された（Cerco and Cole, 1995、Ditoro, 2001）ものである。

溶出サブモデルでは、底泥中を好気層と嫌気層の2層に分割し、上層は直上水の溶存酸素、濃度により好気層もしくは嫌気層に変化し、下層は常に嫌気層となる。水中より有機物が底泥に沈降し、底泥中での有機物の分解を3種類の速度（易分解性、難分解性、無分解性）で表現している。この分解により有機物が栄養塩に回帰し、その過程の中で酸素要求が起こることを表現している。また、回帰した栄養塩は海水中に溶出する。

## 8) 干潟・藻場

自然環境保全基礎調査（環境省）の第4回海域生物環境調査（平成元～4年度）の現存干潟の調査結果等を活用し、該当メッシュを干潟として与えた。

本モデルにおける干潟の機能は、干潟による有機物分解量として水中から除去されることとした。また藻場の機能は干潟と同等とした。

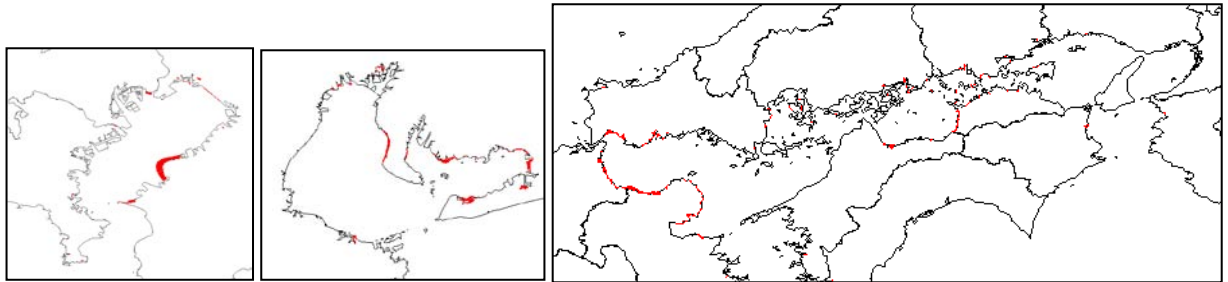


図8-4 干潟の分布状況(図中の赤い箇所)

## 9) 漁獲による効果

本モデルでは、漁獲により魚体に含まれる窒素・りん等が海域から除去される効果を考慮した。モデルには魚類が組み込まれていないため、漁獲の効果は、魚類が動物プランクトンを捕食することで動物プランクトンが海域から除去される効果を組み込むこととし、漁獲による除去量に相当する動物プランクトン態炭素・窒素・りんを一定の割合で計算時間ステップごとに系外に除外した。

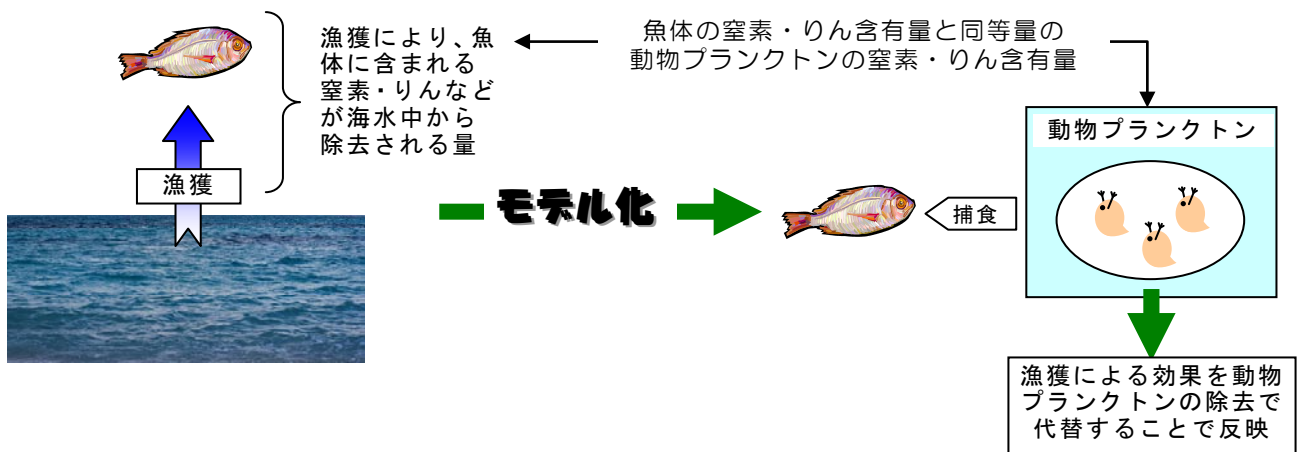


図8-5 漁獲による効果のモデル化

## 2.6 計算条件

### 1) 地形

地形については、計算対象当時の地図情報を元に海岸線を決定し、各メッシュの海陸判定を行った。海陸判定は該当メッシュの海・陸の比率が大きい方を採用することを基本としたが、湾奥部の埋立や運河など複雑な地形については、できる限り水の流れが再現されるよう海陸判定の調整を行った。

また、三湾の埋立を除く人工構造物のうち、東京湾アクアラインについて、本モデルでは橋脚の影響による平均流が減速する効果を考慮した。

### 2) 水深

「JODCデータファイル（水深統合ファイル、海上保安庁水路部）」を用い、該当メッシュの水深を与えた。同一メッシュ内に複数の水深データがある場合は、平均水深を与えた。またデータが無いメッシュは、「海図」及び「海の基本図」（海上保安庁発行）を用い、水深値を読み取って与えた。

### 3) 潮汐

湾口部に与える潮汐条件は、計算範囲の湾口境界計算格子に隣接する潮汐観測地点より選定した2観測所における調和常数より計算期間（ $\Delta t$  毎）の潮位を求め、各計算格子に内挿して与えた。

### 3. 境界条件

海面、海底、河川、湾口における境界条件を以下のとおり設定した。

#### 3.1 海面の境界条件

水面での純熱フラックス、塩分フラックスについて、日射量、雲量、水蒸気圧、気温、風速、水の密度、飽和水蒸気圧、水蒸気圧を考慮し、境界条件を設定した。

#### 3.2 海底の境界条件

海底境界を通して熱と塩分の移動は無いものと想定するとともに、海底における応力は、海底地形、流速、抗力係数を考慮し、境界条件を設定した。

また底質の境界条件として、溶出サブモデルから得られる非定常値を境界値として与えた。

#### 3.3 河川の境界条件

河川の境界条件として、水温、塩分、DO、シリカについて境界条件を設定した。モデルへの与え方は表8-1のとおりである。

表8-1 河川の境界条件

項目	モデルへの与え方
水温	計算期間内における公共用水域調査の各河川観測水温と近傍の気象観測所の気温との関係から得られた次式で設定した。 $\text{河川境界水温} = 0.7882 \times \text{気温} + 2.2931$
塩分	0.1psu を与えた
DO、シリカ	各河川の当該年度観測データの年平均値を与えた。

### 3.4 湾口の境界条件

水温、塩分、水質（植物プランクトン（渦鞭毛藻と珪藻）、動物プランクトン、炭素（DOC、POC）、りん（DOP、POP、 $PO_4^-$ ）、窒素（DON、PON、 $NH_4^+$ 、 $NO_3^-$ ）、溶存酸素、シリカ、SS）について、境界条件を設定した。利用したデータを下表に示した。またモデルへは、各観測データを統合し、観測時期の近傍鉛直観測データ（数地点ある場合は平均値）を用いて、鉛直分布を求め、計算格子の深度毎に設定した。計算格子が同水深である場合は、境界鉛直分布は同値である。また、観測水深より深い計算格子については、最深観測データを用いた。さらに、計算ステップ（ $\Delta T$ ）ごとに観測時期間のデータを時間方向に内挿して設定した。

表8-2 湾口の境界条件に利用したデータ

湾	出典
東京湾	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 神奈川県水産総合研究所観測データ</li> <li>・ 千葉県水産総合研究センター（漁況海況予報事業結果等）観測データ</li> </ul>
伊勢湾	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 愛知県漁況海況予報事業結果報告書</li> <li>・ 三重県漁況海況予報事業結果報告書</li> </ul>
瀬戸内海	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 瀬戸内海の層別水質データ（せとうちネット）</li> <li>・ 大阪府漁況海況予報事業結果報告書</li> <li>・ 兵庫県漁況海況予報事業結果報告書</li> <li>・ 和歌山県漁況海況予報事業結果報告書</li> <li>・ 徳島県漁況海況予報事業結果報告書</li> <li>・ 愛媛県漁況海況予報事業結果報告書</li> <li>・ 福岡県漁況海況予報事業結果報告書</li> <li>・ 大分県漁況海況予報事業結果報告書</li> </ul>