

水質将来予測について

1 数値シミュレーションモデルの概要

本検討で用いるモデルは、以下の2つのサブモデルから構成される。『陸域汚濁負荷流出モデル』により、指定水域の全流域から海域へ流出する流入水量および汚濁負荷量が算定され(COD、T-N、T-P)、『海域モデル(流動、水質-底質モデル)』では、その算定結果を、海域への流入負荷量条件として設定することで、海域での流動および水質・底質濃度を算定する。このモデルは国立環境研究所が開発した数値モデル¹であり、東京湾、伊勢湾、瀬戸内海の指定水域および指定地域に適用する。

- 『陸域汚濁負荷流出モデル』^{1,2,3}
 - ・ 降水流出モデル : 河川流量を算定
 - ・ 汚濁負荷流出モデル : 点源および面源からの負荷流出を算定
- 『海域モデル(流動、水質-底質モデル)』^{1,2}
 - ・ 流動モデル : 海域での水位・流動、水温・塩分を算定
 - ・ 水質-底質モデル : 海域での水質および底質濃度を算定

1.1 陸域汚濁負荷流出モデル

降雨による表面流出、中間流出、地下浸透を考慮した分布型流出モデルにより河川流量および地下水流動を表現し、流域から海域への淡水流入量を算定する。一方、陸域からの汚濁負荷量の流出過程は、各計算格子における斜面から河道に水が流入する点で解析対象物質(COD、T-N、T-P、SS)の流出量(懸濁態)や濃度(溶存態)を土地利用に応じてパラメータで設定する構造としており、降雨に依存して各格子から発生する面源の汚濁負荷量を算定している。加えて、点源の発生負荷量においては、発生点に該当する計算格子が有している河道に発生負荷量が直接排出されるものとした。なお、モデルに用いるパラメータは既存研究の値をもとに設定されている¹。

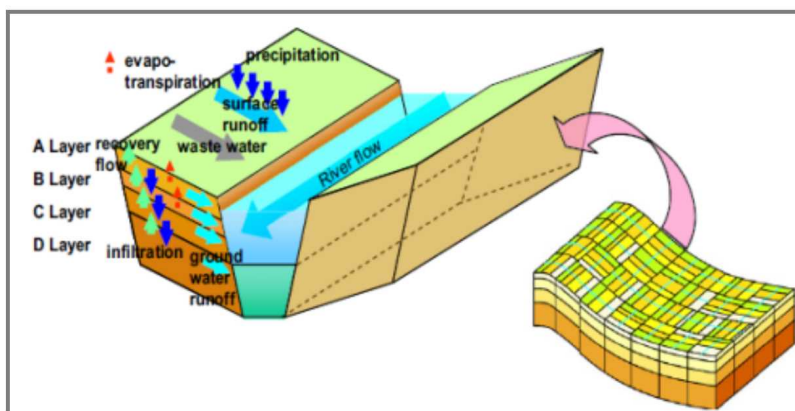


図 1 陸域汚濁負荷流出モデルの概念図(Sapkota et al.(2011)⁴より引用)

¹ 国立環境研究所(2019):平成 30 年度閉鎖性海域における気候変動による影響把握等検討業務報告書 環境省請負業務

² 東博紀、佐藤嘉展、吉成浩志、牧秀明、越川海、金谷弦、内山雄介(2018):瀬戸内海における中小河川からの淡水流入量と流動シミュレーションの再現性への影響. 土木学会論文集 B28(海岸工学), 74(2):L1135-L1140

³ 東博紀、秋山千亜紀、中田聡史、吉成浩志(2019):瀬戸内海流域圏の汚濁負荷流出モデルの構築と2006~2015年における全窒素流出の変動傾向. 土木学会論文集 B1(水工学), 75(2):L421-L426

⁴ Mukta SAPKOTA、浜口俊雄、小尻利治(2011):Numerical Analysis of Flooding Impacts Using Hydro-BEAM in Red River Basin,Vietnam. 京都大学防災研究所年報 第 54 号 B. 683-689

1.2 海域モデル（流動、水質—底質モデル）

流動モデルは、水量（水位）、流速、水温、塩分および密度・圧力を予測変数とし、静水圧・ブシネスク近似を適用したコロケート座標系の多層レベルモデルである。

水質—底質モデルは、海水・海底における炭素（C）、窒素（N）、りん（P）、酸素（O）の生化学循環を解析するものであり、植物プランクトン態、懸濁有機態、溶存有機態、溶存無機態（Cを除く）の形態変化を考慮している。

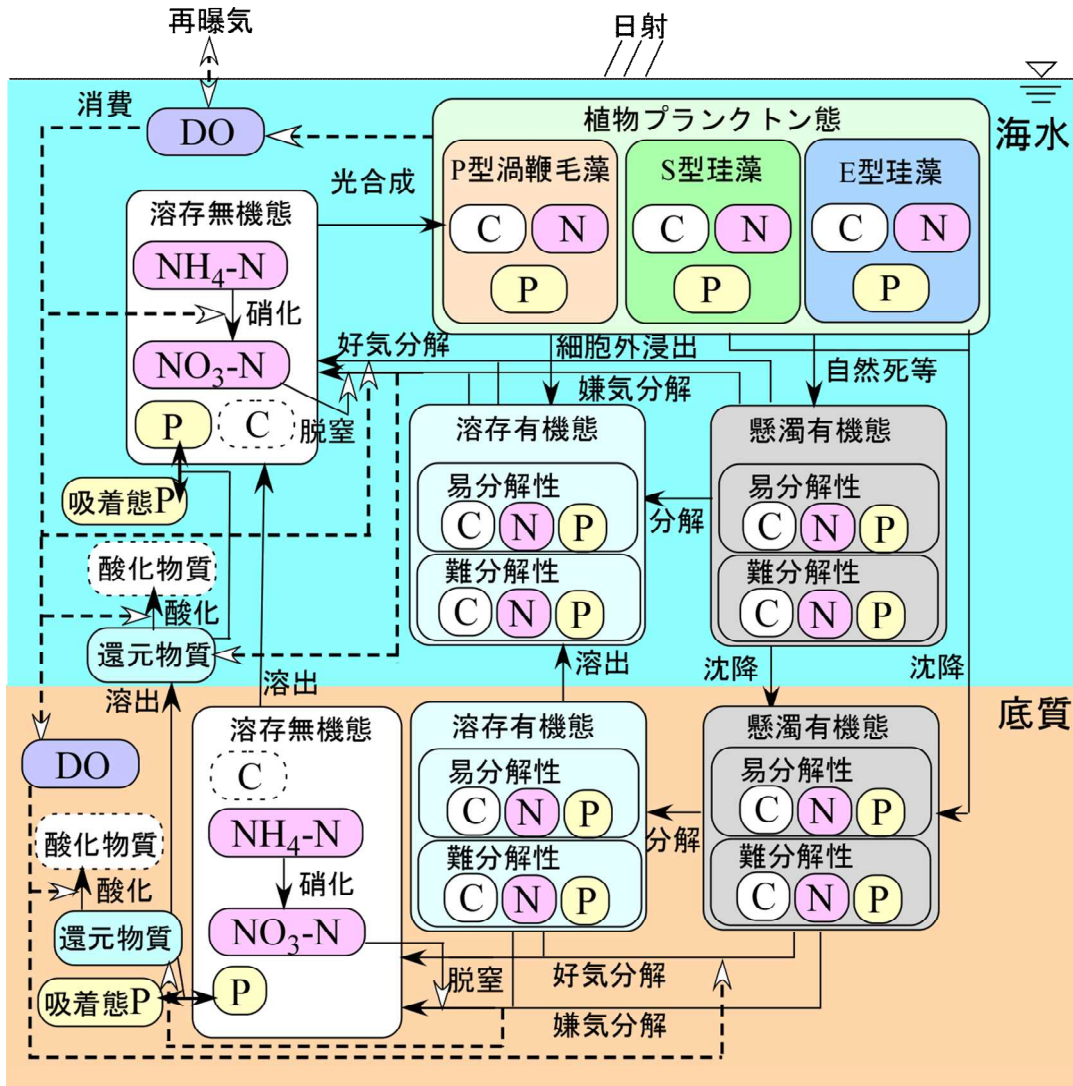


図 2 水質—底質モデルの構造

2 将来予測条件の設定

2.1 現況再現

現況再現年次は、第8次水質総量削減の基準年である平成26年度とするが、複数年での変動を確認するため、平成21年度～平成26年度を対象に実施する。再現計算の条件は、気象、流量、負荷量、境界条件を設定し、当該期間の広域総合水質調査結果を現況計算の再現性確認のための比較データとする。

2.2 将来予測

将来予測年次には、第8次水質総量削減の目標年度（平成31年度（令和元年度））の5年後である、令和6年度とする。将来予測の条件設定は、以下のとおりを予定している。

表 1 将来予測時の条件設定

項目	計算上の表現	設定方法
海岸線等 地形条件	海陸格子、水深条件	平成26年度以降実施された改変および今後令和6年度までに見込まれる改変を考慮
気象条件	風向・風速、短波放射、長波放射、気温、比湿、気圧	現況と同じ
境界条件	水温・塩分、水位、流速、水質	現況と同じ
陸域からの 流入水条件	流入位置からの流入水量、水温、塩分 (陸域汚濁負荷流出モデルで算定)	現況と同じ
陸域からの 負荷流入条件	流入位置からの流入負荷量 (陸域汚濁負荷流出モデルで算定)	令和6年度想定負荷量※

※令和6年度想定負荷量として、以下の2ケースを設定する。

- ①COD・窒素・リンの負荷量が、平成16年度～平成26年度の負荷量（実測値）の線形トレンドで推移した場合の推定負荷量
- ②CODの負荷量は平成16年度～平成26年度の負荷量（実測値）の線形トレンドで推移、窒素・リンの負荷量は平成26年度の負荷量のままとした場合の推定負荷量

【参考】

本モデルと第8次総量削減検討モデルの概要

本検討で用いる海域モデルについては、第8次検討時と同様の枠組みであるが、負荷量条件を、陸域汚濁負荷流出モデルを用いて算定する点が大きく異なる。また、水平解像度および層分割なども同等であるが、外海の境界条件の影響を小さくするために、計算領域が広くとられている点も異なる。第8次検討時のモデルでは植物プランクトンが1種類（珪藻）であったが、本モデルでは3種（珪藻2種類、渦鞭毛藻）の植物プランクトンを考慮されている。そのほか、気象条件や外海の境界条件などは、個別の観測値ではなく、客観解析された気象および海洋のデータセットを用いるように変更されている。

表 2 本モデルと第8次総量削減検討モデルの概要

項目		8次総量削減検討モデル	本モデル
モデル概要	モデルの基本構造	流動モデルと低次生態系(浮遊系一底生系結合)モデル	流動モデルと低次生態系(浮遊系一底生系結合)モデル
	解像度・モデル座標等	【東京湾、伊勢湾】水平:900m、鉛直:レベル座標系鉛直2m程度(最大13、14層) 【瀬戸内海】水平:900m、鉛直:σ座標系15層	水平:3次メッシュ(東西45秒(1.1km程度)、南北30秒(0.9km程度)) 鉛直:レベル座標系1~50m 【東京湾・伊勢湾】最大27層 【瀬戸内海】最大38層
流動モデル	基礎方程式	準3次元多層モデル(静水圧モデル)	準3次元多層モデル(静水圧モデル)
	淡水等流入	【主要河川】流量年表(日別値) 【主要河川以外の河川】年間一定値(H22環境省) 【点源(事業場等)]年間一定値(H22環境省)	陸域汚濁負荷流出モデルによる計算値(日別値)
	開境界条件	【潮位】境界最寄の検潮所の調和定数を設定 【水温・塩分】最寄の広域総合・公共用水域水質調査結果	【潮位】NAO99Jbによる調和定数を設定 【水温・塩分】FRA-JCOPE2解析値 【流速】Flather式(潮流)+FRA-JCOPE2(残差流)
	気象条件	【東京湾、伊勢湾】気象官署及びアメダス観測点データ 【瀬戸内海】風向・風速、気温、湿度はGPV-MSM(気象庁)。日射量・雲量は気象官署データ。降水量は気象庁Cバンドレーダ(1km)。	【短波・長波放射】JRA-55(気象庁) 【その他】GPV-MSM(気象庁)
	パラメータ等	水平渦拡散/粘性係数 鉛直渦拡散/粘性係数	Smagorinsky(1963)の方法 Furuichi et al.(2012)による乱流モデル
生態系モデル	指標元素	炭素(C)、窒素(N)、りん(P)、酸素(O)	炭素(C)、窒素(N)、りん(P)、酸素(O)
	浮遊系の生物構成	植物プランクトン:1種(珪藻) 動物プランクトン:1種	植物プランクトン:3種(珪藻2種類、渦鞭毛藻類1種類)
	底生生物構成	干潟および藻場での物質循環として、ベントス・海草等を考慮	干潟および藻場での物質循環として、ベントス・海草等を考慮
	底泥内の層分割	0.02~3.5cmの10層で底泥10cmまでを表現	0.02~2cmの10層で約4cmまでを表現、11層目から20層目までさらに深部を表現
	負荷量条件	【主要河川】L-Q式から設定 【主要河川以外の河川】年間一定値(H22環境省) 【点源(事業場等)]年間一定値(H22環境省)	陸域汚濁負荷流出モデルによる計算値(日別値)。点源(事業場等)は、年間一定値(H27環境省)をモデルの条件として設定
	開境界条件	最寄の広域総合・公共用水域水質調査結果	WAO09年間値(栄養塩 NO3-N、NH4-N、DIP)
	溶出過程	底泥内の間隙水濃度と直上水の分子拡散により内制的に算出	底泥内の溶存態有機物および無機栄養塩からの溶出を考慮
酸素消費過程	底泥内での有機物分解・無機化の過程において段階的な酸化分解過程を考慮。その過程で酸素消費物質の発生を考慮	底泥内での有機物の好気分解・嫌気分解過程において酸素消費を考慮。その過程で酸素消費物質の発生を考慮	