

物質起源由来を考慮した湖沼水質変化モデルの開発

(独) 土木研究所 河川生態チーム 正会員 ○天野邦彦

(独) 土木研究所 河川生態チーム 正会員 中西 哲

1. はじめに

閉鎖性水域における水質変化モデルは、数多く開発されている。特に最近では、3次元の流動を解くと共に、詳細な生態系モデルを組み合わせることで、時空間的な水質変化を精度高く再現することが可能となっている¹⁾。

モデルによる水質変化解析は、現象の再現にとどまらず、各種のシナリオに基づく水質予測に用いられる。種々の水質改善施策の効果算定は、この一例である。このような予測計算は、異なる条件を入力し、それぞれの条件下での水質変化計算結果を比較することで、対策効果の評価を行うことになる。ただし、湖沼水質は時間的にも空間的にも一様ではなく、このため、常に最適な解(対策)を見つけるのは容易ではない。

このような問題意識に立脚して、本研究では、複数の流入河川を有する湖沼において、それぞれの河川から流入した物質負荷について由来情報を計算期間を通して追跡することが可能なモデルを開発した。さらにこのモデルを用いて検討対象とする水域における水質変化にどの河川由来の負荷がどれほど影響しているのかについて評価した。

2. 方法

(1) 数値解析

数値解析に用いた基本モデルには、湖沼水質解析のために作成された3次元モデル²⁾を使用した。鉛直方向に5層、水平方向には25mX25mの格子に分割した。詳細は既報²⁾を参照のこと。

今回開発したモデルは、計算対象とする物質(計算項目)の濃度を表す変数の次元を時間(t)、場所(x,y,z)に負荷起源(i)を加えて計算するモデルとした。このようなモデルを作成することで、各物質濃度変化について負荷起源を同時に記録しながら計算することができる。

水質変化の計算は、以下に示す式で実施した。

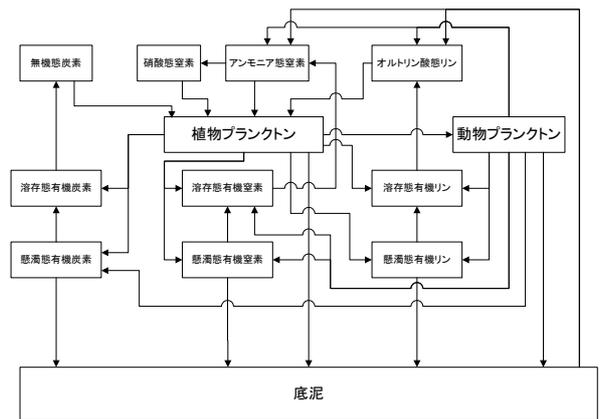
$$C(x, y, z, t) = \sum_i C(x, y, z, t, i) \quad (1)$$

$$\Delta_j C(x, y, z, t, i)$$

$$= C(x, y, z, t, i) / C(x, y, z, t) \cdot \Delta_j C(x, y, z, t) \quad (2)$$

$$C(x, y, z, t+1, i) = \sum_j \Delta_j C(x, y, z, t, i) + C(x, y, z, t, i) \quad (3)$$

ある地点(x, y, z)におけるある時点(t)の物質A(仮名)の濃度C(x, y, z, t)は、異なる起源別(i)の物質A濃度(C(x, y, z, t, i))の総和である(式(1))。物質A全濃度の次の時間ステップにおける移流、拡散、沈降、反応などの過程(j)に起因する濃度変化($\Delta_j C(x, y, z, t, i)$)は、通常モデルにより計算可能である。各種の過程を通しての変化量について、その時間ステップにおける物質A全濃度に占める各起源別の物質A濃度の割合(C(x, y, z, t, i)/C(x, y, z, t))で按分した量をそれぞれの起源別濃度変化量($\Delta_j C(x, y, z, t, i)$)とするというのが、本モデルの考え方である。さらに、各種の過程(i.e. 移流、拡散、沈降、反応など)ごとの起源別物質A変化量を合算することで、次の時間ステップにおける物質Aの起源別濃度分布が計算できる(式(3))。



図—1 水質モデル概念図

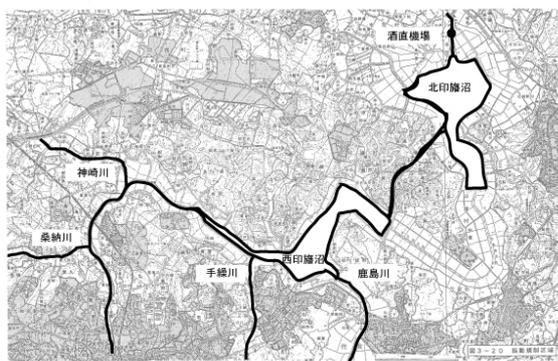
今回の計算では、物質収支の計算に問題が生じないかについて確認するために、反応項をはずした形で、通常モデル計算と起源別のモデル計算を行った。

基本モデルにおける水質変化反応は、図—1に示される。基本モデルにおいて、次に示す沼における植物プラ

ンクトン増殖域について比増殖速度の高い場所として抽出し、これらの場所における物質由来について新しく作成したモデルで計算を行った。

(2) 計算対象

計算は、千葉県印旛沼を対象に実施した。印旛沼は、図一2（図は上が北を示している）に示すとおり、図中左下に位置する西沼と右上に位置する北沼、及びこれらを結ぶ捷水路からなっている。主要な流入河川は、西沼南東端から流入する鹿島川（流入直前に高崎川と合流している）、西沼西端から阿宗橋を経て流入する桑納川（流入直前に神崎川、新川と合流している）が挙げられる。また、北沼は図中上端に位置する河川により利根川と接続している。これは酒直機場、印旛機場の2つの水門により流動が管理されており、印旛沼水位が高い場合は、利根川へ印旛沼水を放流しているほか、印旛沼水位が低い場合には、利根川からの取水が行われている。また、新川上流には大和田機場というポンプ施設があり、出水時に印旛沼水位が上昇した際には、新川を経て東京湾へ出水の放流を行うことが可能である。また、灌漑、工業用水、水道水の取水量が大きく、取水による直接利用が印旛沼の水循環に大きな影響を与えているのが特徴である。

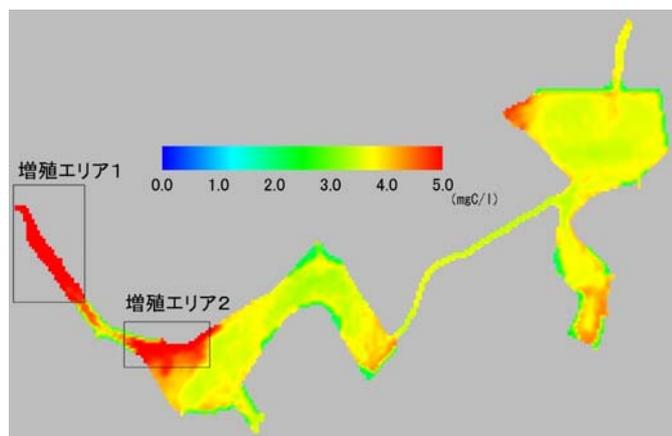


図一2 印旛沼平面図および水質調査地点

このような状況から、印旛沼の様な場所での水質保全は物質負荷起源を把握することで、今後のより適切な水質管理について検討することが重要であることがわかる。

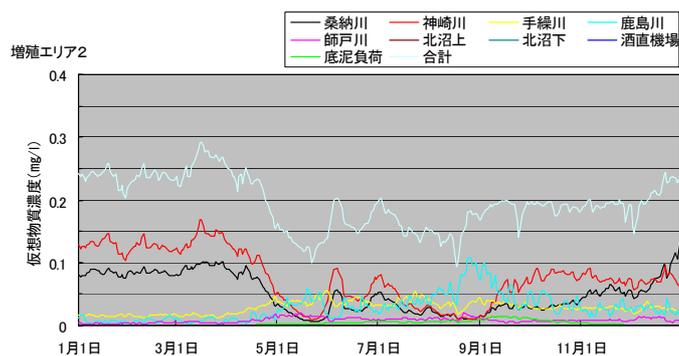
3. 結果

基本モデルで算定した植物プランクTONの増殖域を示す(図一3)。西沼の西側から流入する新川の河口部分で植物プランクTON増殖が激しいことがわかる。



図一3 一日あたり藻類増殖量最大値分布

次に今回作成したモデルにより、図一3における増殖エリアへのリン供給起源についての試算を実施した。今回の計算では、各河川からの供給は、すべて全リンとし、反応はないとしているが、濃度については、各河川におけるL-Q式で与えている。図一4に結果を示す。



図一4 増殖エリア2へのリン供給起源変化

1月から3月にかけては、西側から流入する桑納川、神崎川の影響が大きいが、夏季は東側から流入する鹿島川の影響が大きくなるのがわかる。これは、桑納川、神崎川上流における灌漑取水による影響と考えられる。

4. まとめ

今回開発したモデルにより時空間的に変動する水質変化を規定する負荷起源の評価が可能となった。これにより適切で効果的な水質保全策定につながる。

参考文献

- 1) Cerco, C. et al., User's Guide to the CE-QUAL-ICM Three-Dimensional Eutrophication Model, Technical Report EL-95-15, US Army Corps of Engineers, WES, 1995.
- 2) 天野邦彦、時岡利和、対馬孝治、浅い湖沼の水質への水生植物の影響解析、水工学論文集、v. 45, 2005.