

河川からの流入栄養塩を考慮した湾内植物プランクトンの変動解析

東北大学大学院 学生会員 ○ 柏舘信子
東北大学大学院 正会員 佐藤博信
東北大学大学院 フェロー 沢本正樹

1. はじめに

現在では、上流域からの水質改善対策と連携した流域全体の総合的な水質改善が求められている。そのため、対象海域に流入する河川からの流入負荷はシミュレーションの精度にかかわる重要な因子であると考えられる。

そこで本研究においては、岩手県の大船渡湾と流入河川である盛川において水質の現地観測を行なった。大船渡湾における植物プランクトンの季節変化を再現する水質モデルを作成するとともに、観測値を用いてモデルパラメータの同定及び簡易モデルの再現性の検証を行なった。さらに、河川からの栄養塩負荷量を削減した場合の水質指標の応答について、同定された簡易モデルを用いて予測を行なった。

2. 対象領域

岩手県の三陸沿岸に位置する大船渡湾を対象領域とした。図 - 1 に示すように湾の形状は細長く、水表面積は 7.89km²、平均水深 20m である。湾口部には津波防波堤が設置されているため湾内の閉鎖度は高い。湾奥部に二級河川盛川が流入している。盛川は流域面積：129km²、流路延長：約 17km である。日平均流量は例年 2.5m³/s 程度と比較的少ない。平成 16 年度における大船渡市の污水处理人口普及率は 36.9% で全国、岩手県の中でも特に低い。(全国平均：80.9%，岩手県：64.8%)

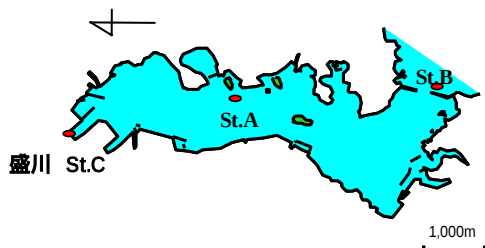


図 - 1 対象領域

3. 栄養塩負荷量の算出¹⁾

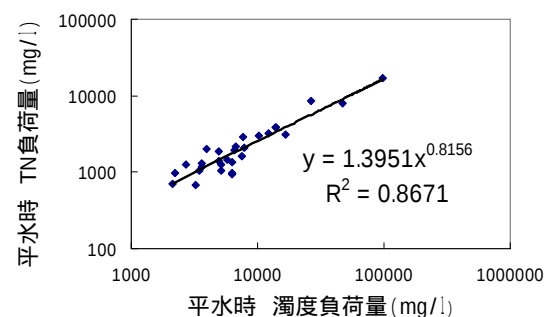
栄養塩は懸濁物質に含有・付着するため SS との相関が高いとされている。そこで濁度計を用いて栄養塩負荷量の推定を行なうために盛川の河口部（図 - 1 中の

St.C）において濁度計による連続観測と採水による栄養塩濃度の測定を行なった。観測値から算出された濁度の負荷量と TN の負荷量を(a)平水時、(b)降雨時に分けてグラフ上にプロットしたものが図 - 2 である。盛川の TN 負荷量は式 1) 平水時、式 2) 降雨時の 2 つに分けて算出を行なった。TP も同様の手法で算出を行なった。

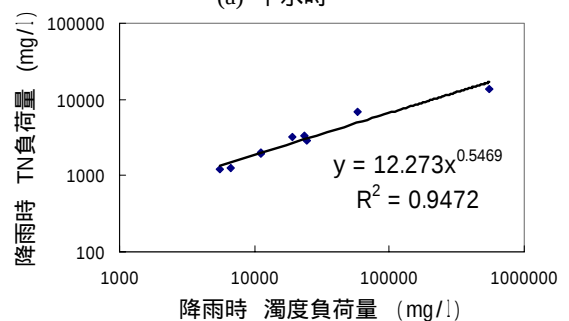
$$L_{TN} = 1.4L_{Tur}^{0.82} \quad \dots 1)$$

$$L_{TN} = 12.3L_{Tur}^{0.55} \quad \dots 2)$$

ここに、 L_{TN} ：栄養塩負荷量(mg/l)、 L_{Tur} ：濁度負荷量(mg/l)



(a) 平水時



(b) 降雨時

図 - 2 濁度負荷量と栄養塩負荷量の関係

4. 水質のモデル解析

4. 1 モデルの概要

高橋ら²⁾の既存の大船渡湾に関する現地観測の結果から、湾内水質の観測結果が水平方向にほぼ一様で、移流があまり大きくないことに注目し、鉛直方向の変化が大きき場合に有効な鉛直次元モデルを用いる。次に、鉛直次元モデルに水質の予測モデルを組み込

むことにより，水質の季節変化の数値解析を行なう．湖沼や貯水池の水質に関する従来の研究³⁾をもとに，本研究で用いる水質予測モデルの基礎式を以下に示す．植物プランクトンの増殖はChl.a で表されるものとし，以下の式 3) により計算を行なった．主な計算条件に関しては表 - 1 に示す．

$$\frac{\partial P}{\partial t} = (G_p - D_p)P - \frac{\partial w_0 P}{\partial z} + K_z \frac{\partial^2 P}{\partial z^2} \quad \dots 3)$$

$$G_p = S_p R_{ph} \theta_{ph}^{(T-20)} \frac{I_y}{I_s} \exp\left(1 - \frac{I_y}{I_s}\right) \frac{C_{IN}}{K_{IN} + C_{IN}} \frac{C_{IP}}{K_{IP} + C_{IP}}$$

$$D_p = R_{cp} \theta_{cp}^{(T-20)} + C_g \frac{K_{pp}}{K_{pp} + P} Z$$

ここで， P ：植物プランクトン中のChl-a濃度 ($\mu\text{g/l}$)， G_p ：増殖速度(/day)， D_p ：植物プランクトンの死滅率， w_0 ：沈降速度， K_z ：鉛直拡散係数 (m^2/s)， $S_p = \exp(-\mu_s P)$ ：植物プランクトンのスペース効果を表す関数， R_{ph} ：20 の植物プランクトン増殖率， θ_{ph} ：植物プランクトン増殖率に対する温度係数， T ：水温 ()， I_s ：最大増殖速度を与える最適日射量， $I_y \equiv Q_z$ ：水中日射量 (W/m^2)， C ：無機態栄養塩濃度(mg/l)， K ：栄養塩の半飽和定数， R_{cp} ：植物プランクトン死滅率， θ_{cp} ：植物プランクトン死滅率の温度補正係数， C_g ：動物プランクトンのろ過速度

4. 2 計算結果

図 - 3 は 2005 年 5 月 26 日～8 月 31 日の間の表層における Chl.a 濃度の時系列変化の観測値と計算値を示す．観測値は図 - 1 中の St.A において 10 分間隔で連続観測されたものの 1 日平均値である．また，現況の再現計算を行なうとともに，盛川の栄養塩負荷量を 75%，25%削減した場合についても同様に計算を行なった．現況の再現結果は増殖のピークの時期を捉えており，消滅時期も概ね再現されている．また，一般的に赤潮の判定基準は Chl.a 濃度が $50 \mu\text{g}/\text{l}$ 以上と言われており，現在の盛川からの栄養塩負荷量を 25%削減することで基準値を下回ることが可能と予測される．大船渡市では地域再生計画において汚水処理人口普及率を平成 21 年までに現在の 36.9%から 48.7%まで増加させることを目標としており，盛川からの栄養塩負荷量の削減が期待される．

5. まとめ

- 1) 盛川からの栄養塩負荷量の時系列変化を考慮することで，水質モデルを用いて，湾内の植物プランクトン濃度の再現が可能となった．
- 2) 盛川からの栄養塩負荷量を 25%削減することで赤潮の基準値を下回ることが可能と予測される．

6. 参考文献

- 1) 山本浩一・二村貴幸・坂野章・日下部隆昭・末次忠司・横山勝英：濁度計による懸濁態栄養塩負荷推定に関する研究，河川技術論文集，第 9 巻，pp.515 - 520,2003
- 2) 高橋研也，佐藤博信，柏館信子，野村宗弘，沢本正樹：大船渡湾における水質特性と湾水制御効果の検討，海洋開発論文集，21，pp.373-378, 2005.
- 3) 細田尚，細見知彦：琵琶湖北湖の水質鉛直分布の季節変動に関する簡易モデルと温暖化への影響への適用，河川技術論文集，第 8 巻，pp.495-500．

表 - 1 計算条件

計算期間	2005年5月26日～10月31日（158日間）
水深：35.0m	鉛直層数：35層
空間格子間隔：dz=1.0m	時間格子間隔：600 s
気象データ	大船渡測候所日別値および特別値
湾外密度	St.Bの25時間移動平均値(10m)
湾外からの栄養塩供給量	DIN：0.1，DIP：0.01(mg/l)
盛川からの栄養塩供給量	濁度から算定
海水交換率	1/60 (/day)

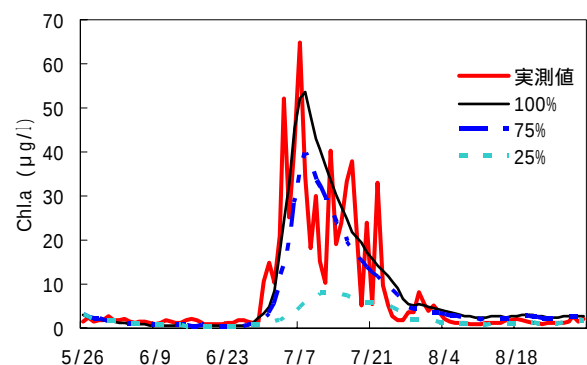


図 - 3 Chl.a 濃度の時系列変化