

## 資料

## 鹿児島湾の水質変動に関する調査研究 (第Ⅷ報)

—シミュレーションによる水質予測—

吉留雅仁 瀬戸加奈子 田島義徳  
池之平 剛

## 1 はじめに

本調査研究では、過去の水質データの解析結果から鹿児島湾の水質変動において、内部生産、すなわちプランクトンの影響が寄与していることをこれまで示してきた<sup>1)~7)</sup>。前回の報告<sup>7)</sup>では、湾全体の水質の状況を捉えるために、低次生態系シミュレーション<sup>8)</sup>による現況水質の再現を試み、濃度分布としては比較的良い一致が得られたが、一方で濃度が高くなりすぎるなどの問題があった。

本稿では、前回の報告からパラメータを見直すことによって、より再現の良い計算結果を得ることを試みた。その上で、窒素、リンの負荷量の削減がCODの濃度に与える影響について試算した。

## 2 調査方法

## 2.1 シミュレーションソフト

数値シミュレーションには、財団法人鹿児島県環境技術協会が作成した「鹿児島県水質予測システムKINEMA」を使用した。

## 2.2 潮流計算

本調査研究の第Ⅶ報と同様のパラメータにより計算を行った。

## 2.3 低次生態系モデル

以前の計算結果では、CODが高くなりすぎるなどの問題点があった。そこで、第Ⅶ報で使用したパラメータを一部見直した。変更したパラメータを表1~2に示す。

植物プランクトンにおける窒素、リンの半飽和定数は、植物プランクトンの成長速度を制限する因子である<sup>9)</sup>。その値は、植物プランクトン種ごとに固有で決まっている<sup>10),11)</sup>。本研究では、参考文献<sup>10)</sup>を基に表1に示す値を採

用した。

初期値及び外海との境界条件は、第4期鹿児島湾ブルー計画における値<sup>12)</sup>を参考として表2のように設定した。

表1 変更した低次生態系モデルのパラメータ

生物過程	単位	設定値
半飽和定数(窒素・植物プランクトン)	mmolN/m <sup>3</sup>	0.75
半飽和定数(リン・植物プランクトン)	mmolP/m <sup>3</sup>	0.10

表2 初期値及び外洋との境界条件

	水深	COD (mg/L)	DOC <sub>3</sub> (mgC/m <sup>3</sup> )	POC <sub>3</sub> (mgC/m <sup>3</sup> )
第1層	海面~5m	1.4	800	100
第2層	5~10m	1.4	800	100
第3層	10~30m	1.3	740	90
第4層	30~60m	1.1	630	80
第5層	60m以深	1.0	570	70

	DIN (mmol/m <sup>3</sup> )	DIP (mmol/m <sup>3</sup> )	植物プランクトン (mgC/m <sup>3</sup> )	動物プランクトン (mgC/m <sup>3</sup> )
第1層	0.5	0.05	500	50
第2層	1.0	0.05	375	50
第3層	2.0	0.10	200	50
第4層	3.5	0.20	100	50
第5層	8.0	0.80	25	50

## 2.4 水質予測

第4期鹿児島湾ブルー計画における2002年度の河川等からの負荷量<sup>12)</sup>を現況として現況水質を再現するとともに、窒素、リンの負荷量を削減した場合のCOD濃度を予測した。

### 3 結果と考察

#### 3.1 現況再現

新たなパラメータで計算した、現況の夏季及び冬季のCOD濃度分布を図1に示す。夏季には鹿児島市沖から湾奥部にかけて濃度が高くなる傾向を示した。以前の計算結果では、鹿児島市沖が顕著に濃度が高くなったのに対し、今回の計算では鹿児島市沖と湾奥部はほぼ同等の濃度レベルであった。「鹿児島県公共用水域及び地下水の水質測定結果」から、鹿児島市沖と湾奥部のCODはほぼ同等の濃度レベルであることから、今回のパラメータ変更によって改善された点といえる。また、最も濃度が高い地点でも2.4mg/L程度であり、濃度が高くなりすぎるとの問題も改善された。

冬季のCOD濃度はほぼ全域で1.4~1.9mg/Lの範囲で、夏季と比べると湾全域で均一であった。

図2に基準点3と基準点13における実測値と計算結果の比較を示す。実測値は2000年度から2009年度における、夏季は7~9月の、冬季は1~3月の10年間の平均値である。夏季は実測値が高く、冬季は計算値が高い結果にそれぞれなったが、濃度レベルは比較的良好一致を示した。

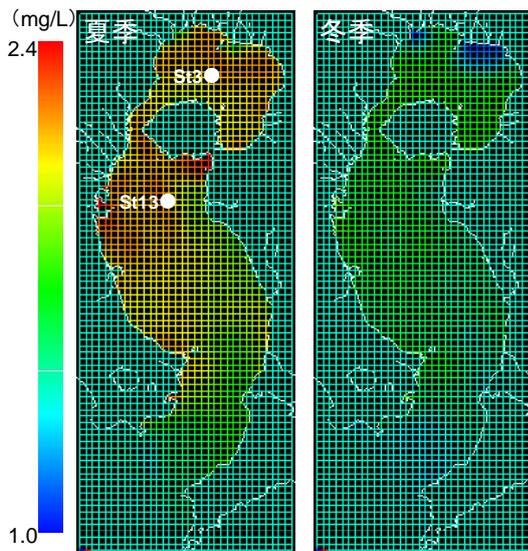


図1 夏季及び冬季のCOD濃度

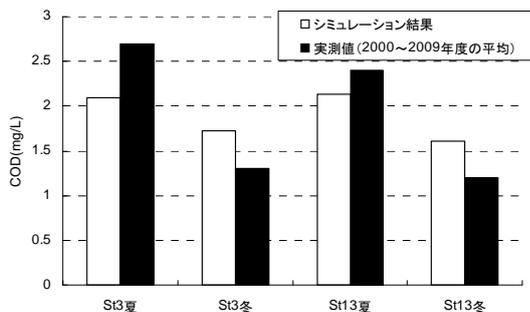


図2 基準点における計算結果と実測値の比較

#### 3.2 窒素, リン負荷削減の効果

効果的な窒素, リンの削減効果を検証するため、湾奥部だけを削減した場合と、湾奥部及び鹿児島市沖を削減した場合について計算した。

##### 3.2.1 湾奥部の窒素, リンの削減

内部生産が多く、CODが高濃度になる夏季について、窒素, リンの負荷量を削減して計算を行った。図3に湾奥部の窒素, リンの負荷量を現況の75%, 50%にした計算結果並びに、現況のCOD濃度から窒素, リンの負荷量を現況の50%に削減した場合の濃度を差し引いた結果を示す。

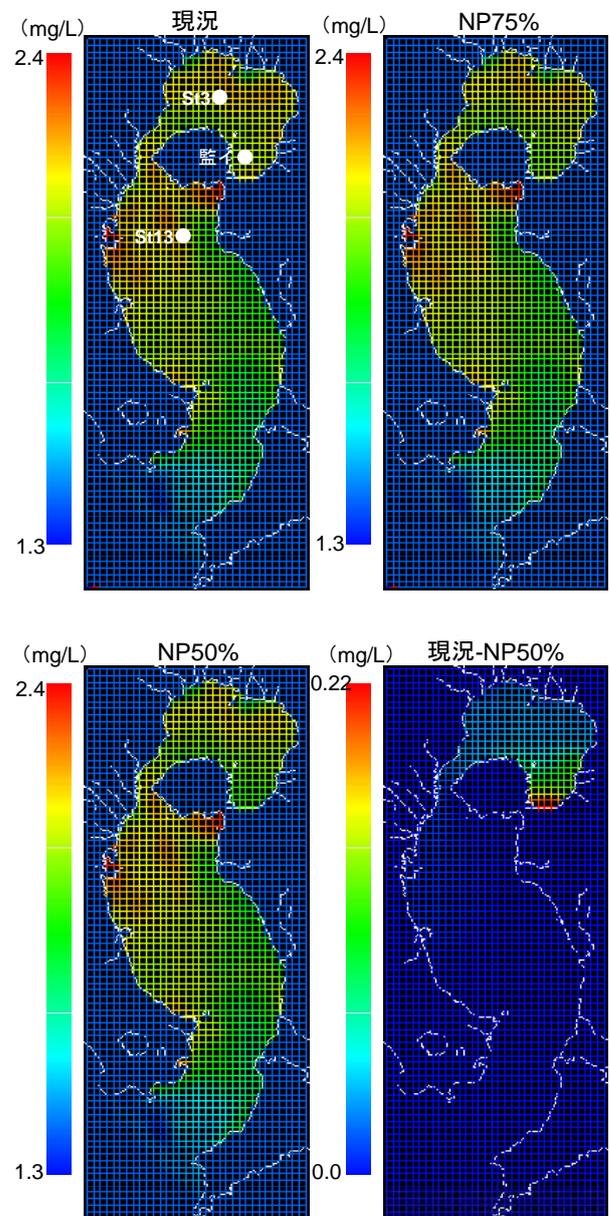


図3 現況及び湾奥部の窒素, リン負荷量削減後のCOD濃度分布

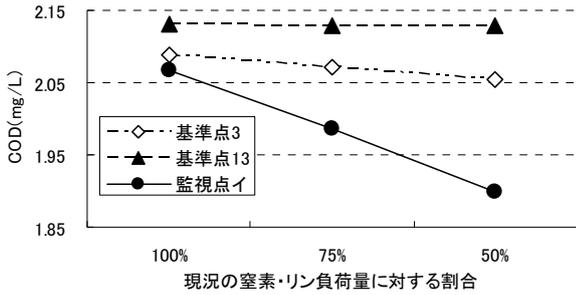


図4 湾奥部の窒素，リンを削減した場合の地点ごとのCOD濃度の推移

窒素，リンの負荷を削減するに従って，湾奥部ではCOD濃度が低下傾向を示した。その一方で，桜島以南の鹿児島市沖，湾中部，湾口・指宿沖では，COD濃度はほとんど変化しなかった。

COD濃度は，湾奥部全体で均一に低下するのではなく，湾奥部の中心部分より南側，特に桜島との付け根付近で低下の傾向が著しかった。図4に基準点3，基準点13及び監視点イの周辺におけるCOD濃度について示す。地点で比較すると，基準点3では0.03mg/L低下したのに対し，監視点イでは0.13mg/L低下したが，湾中部の基準点13ではほとんど濃度変化は見られなかった。

### 3. 2. 2 鹿児島市沖及び湾奥部の窒素，リンの削減

図5に湾奥部及び鹿児島市沖の窒素，リンの負荷量を現況の75%，50%にした計算結果並びに，現況のCOD濃度から窒素，リンの負荷量を現況の50%に削減した場合の濃度を差し引いた結果を示す。

湾奥部に加えて鹿児島市沖でもCODが低下傾向を示した。図6に基準点3，基準点10，基準点13周辺におけるCOD濃度について示す。鹿児島市沖の基準点10では負荷量を50%に削減することでCOD濃度が約0.04mg/L低下した。湾中部の基準点13でも約0.02mg/L低下し，鹿児島市沖の負荷量を削減したことによる影響を受けていた。湾奥部の基準点3については，湾奥部のみを削減した場合と同等の効果しか得られなかった。

### 3. 2. 3 考察

湾奥部及び鹿児島市沖の窒素，リンの負荷量を削減することで，COD濃度が低下するという計算結果が得られた。これは，栄養塩の濃度が減少したことにより，プランクトンの発生が抑制された結果と考えられる。簡易なモデルであるため定量的な議論は難しいが，濃度の低下が負荷量を削減した水域の周辺でみられたことから，今後水質保全策を講じる上で，例えば環境基準を超過し

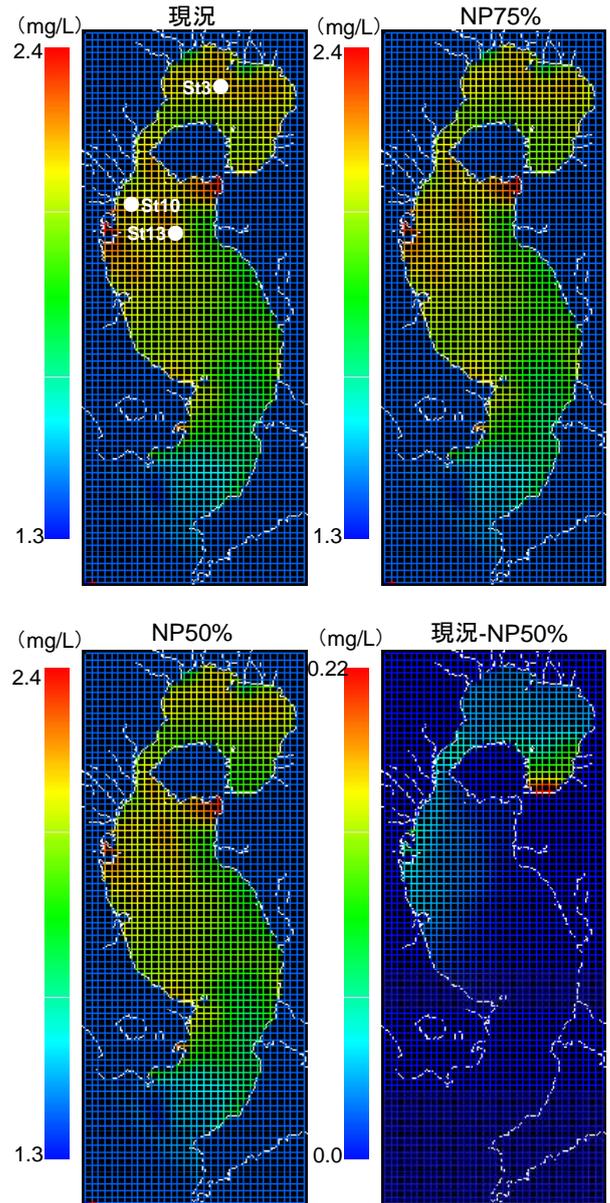


図5 現況及び湾奥部及び鹿児島市沖の窒素，リン負荷量削減後のCOD濃度分布

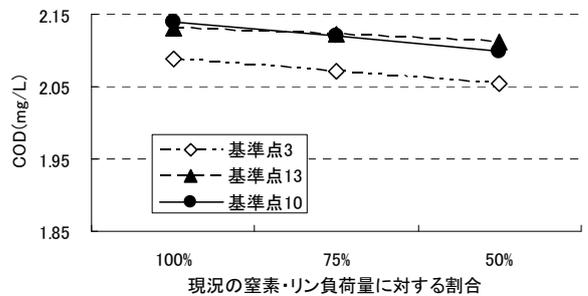


図6 湾奥部及び鹿児島市沖の窒素，リンを削減した場合の地点ごとのCOD濃度の推移

やすい水域の負荷量を削減することにより効果が望めるのではないかと推測される。

湾奥部の桜島との付け根付近で効果が顕著であったのは、当該水域において、窒素、リンの負荷量の設定値が高い海面養殖場が多かったことに加え、計算上、潮流が緩やかで海水の交換が起こりにくい水域であったのが原因の一端ではないかと推測される。実際の環境においては、風などの気象現象の影響を受けて潮流は一定ではないことから、当該水域でここまで顕著な効果が現れるとは限らないと推測される。

#### 4 まとめ

生物過程のパラメータを見直したことによって、以前の報告であったようなCODの高濃度化は見られなくなり、より現況に近い計算結果が得られた。

また、窒素、リンの流入負荷量を削減して計算することにより、流入負荷量を削減した水域の周辺でCOD濃度が低下する効果が示された。

今回の計算では、一部の水域を除いてCODの低下幅は0.01~0.04mg/L程度と非常に小さかった。これは、使用しているモデルが非常に単純化されていることが原因の一つと考えられる。より定量的な議論に発展させるためには、様々なケースでシミュレーションを行い比較を行う必要があると思われる。このことは、今後このようなシミュレーションを活用していく上での課題である。

#### 参考文献

- 1) 荒川浩亮, 末吉恵子, 他; 鹿児島湾の水質変動に関する調査研究 (第I報), 本誌, 7, 49~56 (2006)
- 2) 實成隆志, 末吉恵子, 他; 鹿児島湾の水質変動に関する調査研究 (第II報), 本誌, 8, 58~62 (2007)
- 3) 末吉恵子, 實成隆志, 他; 鹿児島湾の水質変動に関する調査研究 (第III報), 本誌, 8, 63~69 (2007)
- 4) 吉留雅仁, 實成隆志, 他; 鹿児島湾の水質変動に関する調査研究 (第IV報), 本誌, 8, 70~75 (2007)
- 5) 末吉恵子, 吉留雅仁, 他; 鹿児島湾の水質変動に関する調査研究 (第V報), 本誌, 9, 41~46 (2008)
- 6) 吉留雅仁, 末吉恵子, 他; 鹿児島湾の水質変動に関する調査研究 (第VI報), 本誌, 9, 60~65 (2008)
- 7) 吉留雅仁, 末吉恵子, 他; 鹿児島湾の水質変動に関する調査研究 (第VII報), 本誌, 10, 41~47 (2009)
- 8) 中田喜三郎; 生態系モデル-定式化と未知のパラメータの推定法-, J. Adv. Mar. Tech. Conf., 8, 99~138 (1993)
- 9) 神田穰太; 微細藻類の栄養塩取り込みと増殖の栄養塩律速モデル-半飽和濃度の可塑性-, Bulletin of Japanese Society of Microbial Ecology, 8, 109~123 (2002)
- 10) 松田篤志, 西島敏隆, 他; 有毒渦鞭毛藻*Alexandrium catenella*の増殖に及ぼす窒素・リン栄養塩の影響, 日本水産学会誌, 65, 847~855 (1999)
- 11) John T. Lehman, Daniel B. Botkin, 他; The assumptions and rationales of a computer model of phytoplankton population dynamics, Limnology and Oceanography, 20, 343~364 (1975)
- 12) 鹿児島県; 第4期鹿児島湾水質環境管理計画資料編, 2005年3月