

B-65 有明海における栄養塩負荷と低次生産特性の 長期的変化に関する基礎的研究

○永瀬 真豪^{1*}・古賀 憲一²・荒木 宏之³・山西 博幸³
V.Narumol⁴・三樹 祐太²

¹佐賀大学大学院工学系研究科システム創成科学専攻 (〒840-8502 佐賀市本庄町1番)

²佐賀大学大学院工学系研究科 都市工学専攻 (〒840-8502 佐賀市本庄町1番)

³佐賀大学低平地沿岸海域研究センター (〒840-8502 佐賀市本庄町1番)

⁴カセサート大学 (タイ王国)

* E-mail: 12634013@edu.cc.saga-u.ac.jp

1. はじめに

有明海の海域環境変化の特徴の一つとして漁獲量の減少が挙げられる。有明海の漁獲量は、1970～80年代のピーク量12万tを経て、近年は約2万tで推移している。しかし、漁獲量の減少過程の機構解明については検討課題も多いようである。有明海の栄養塩負荷特性については、陸域負荷に加えて有明海特有の泥質干潟からの再回帰を考慮した調査研究¹⁾⁴⁾がなされている。しかし、し尿の海洋投棄の栄養塩負荷に及ぼす影響等、長期的観点から見た低次生産特性に関する検討例は少ないようである。本研究は、水質モデルを用いて有明海の栄養塩負荷の長期的変化が低次生産能力に及ぼす影響について考察したものである。

2. 有明海の概要

図-1に、有明海及び後述する水質モデルの領域概略図を示す。

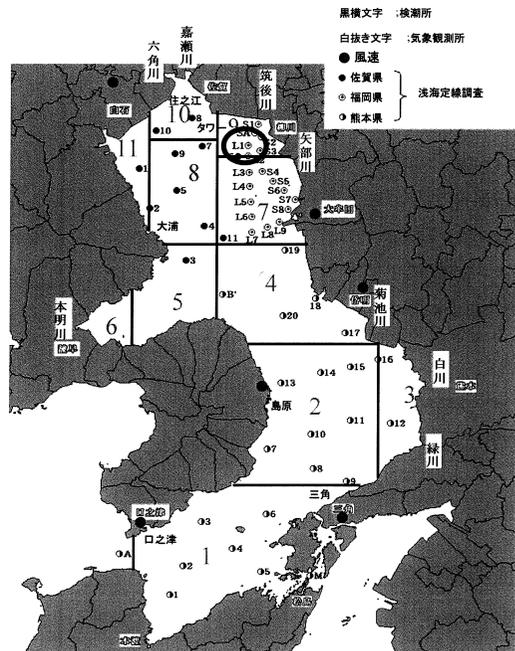


図-1 有明海の概略図と有限容積モデルの領域構成図

(1) 有明海における海洋投棄の推移

図-2に、全国のし尿による海洋投入量の推移を示す⁵⁾。海洋投入は、1950年代以降大都市からの発生量増加に伴い急増し、ロンドン条約により2007年以降全面禁止された(1956, 1957年はデータが欠測している)。1998～2006年において有明海流域4県の海洋投棄量は、全国の海洋投棄量に占める割合は30%前後であった⁶⁾。

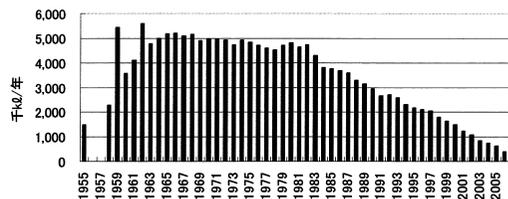


図-2 し尿の海洋投棄量⁵⁾

(2) 栄養塩濃度の変化

図3に湾奥部（図-1の丸で示す地点）のNO₃-N（硝酸態窒素）、NH₄-N（アンモニア態窒素）とPO₄-P（リン酸態リン）の経年変化を示す⁷⁾。60～70年代においてNH₄-N濃度が高い値を示しているにもかかわらず、NO₃-N濃度は、季節的な変動を除いて経年的変化が見られない。このことから、硝化が十分に進んでおらずNH₄-Nは負荷源に近い（新鮮）ものと推察される。加えて、漁業従事者へのヒアリング調査結果⁸⁾も踏まえるとこの時期のNH₄-Nの挙動はし尿の海洋投入によるものと推測される。

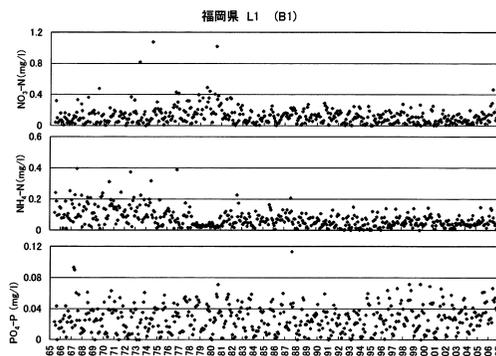


図-3 NO₃-N、NH₄-NとPO₄-Pの経年変化（底層）

3. 計算方法

本研究では、有明海の低次生産能力及びし尿由来の有機物濃度に及ぼす影響を総合的に検討するために、CODを用いた水質モデルを構築した。図-1に有明海を11の領域に区分した領域構成概略図を示す。陸域からの流入負荷はL-Q式に基づいて与えた⁹⁾。COD濃度の実測値は、福岡県、佐賀県が実施した浅海定線調査のデータ⁷⁾を用いた。潮位データ（口之津潮位観測所と大浦潮位観測所の観測値）、風速・風向、日照時間は気象庁の各県の観測所のデータ¹⁰⁾から得た。COD濃度は、溶解性CODと懸濁性CODの和とした。計算期間は1977～2010年の34年間で、計算ステップは1日とした。計算値及び観測値の水質濃度は各領域内で空間的に容積平均化されたものである。式(1)に有限容積モデルの基礎式¹¹⁾を示す。

$$\frac{d}{dt}(c_{(n)} \cdot V_{(n)}) = \sum \{ Q_{nm} [\delta_{nm} \cdot c_{(m)} + (1 - \delta_{nm}) \cdot c_{(n)}] + E'_{nm} \cdot (c_{(m)} - c_{(n)}) \} \pm S_{(n)} \quad (1)$$

$c_{(n)}$:濃度[ML⁻³], $V_{(n)}$:体積[L³], Q_{nm} :エレメント m からエレメント n に流入出力[L³T⁻¹], δ_{nm} :エレメント m からエレメント n に移流係数[-], E'_{nm} :エレメント m とエレメント n の分散係数[L³T⁻¹], $S_{(n)}$:反応項[MT⁻¹], n, m:エレメント番号

4. 計算結果と考察

紙面の都合上、本研究ではエレメント8の計算結果を用いて考察する。

(1) 現行モデル

図4に直近の20年間の再現性を重視しつつ設定したパラメーターによるCOD計算結果を示す。この図の1977年～1990年において実測値と計算値との乖離が生じている。この要因については、陸域からの負荷、泥質干潟か

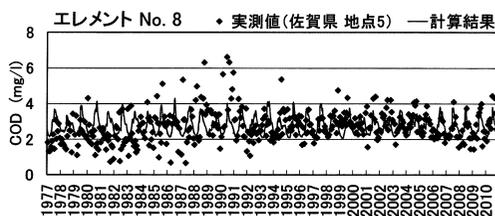


図4 CODの計算結果（直近の20年間の再現性を重視してパラメーターを設定）

らの再帰負荷（溶出）及び海域における直接的負荷が考えられる。この間の主要河川のL-Q回帰式（一例として筑後川のL-Q回帰式を図5に示す。）に顕著な変化が見られないことから、陸域からの負荷の変化による可能性は低いと考えられる。また、冬季においてもCOD濃度が高くなっていることから溶出による影響も低いと思われる。これらの事を踏まえると1990年以前における高COD濃度は、海域における直接的なCOD負荷増によるものと推測される。前述の60年代後半～70年代後半にNH₄-N濃度が高い値を示していたことも考慮すると、この時期においては、し尿の海洋投棄負荷による内部生産や有機物・栄養塩負荷の影響が現れていたものと推察される。

(2) 海洋投棄負荷の影響

図4で用いたモデルにし尿の海洋投棄由来の有機物負荷、栄養塩負荷を導入して、1970年代からの全期間を通してCOD濃度の再現を行った結果を図6に示す。し尿の海洋投棄由来の負荷は、し尿の原単位¹²⁾、有明海流域各県の人口と下水道普及率及び全国のし尿の海洋投棄量を参考^{13) 14)}にして与えた。栄養塩負荷を考慮したことにより90年代におけるCOD濃度の増加傾向が確認されるが、1970～1980年代にかけて計算値が実測値より高い傾向を示している。再現性を向上させるには、沈降水量や貝類によるろ過の影響を考慮する必要があるが、本研究

では有明海における貝類の漁獲高がこの間にピークを迎えていたことを踏まえて、貝類によるろ水摂取を考慮した^{15,16)}。

(3) 貝類の影響

図-7に、貝類による濾水の影響を行ったCOD濃度の計算結果を示す。貝類は有明海で最も漁獲高の高いアサリのみとして、濾水量は既往の資料¹⁸⁾を参考にして与えた。70年代～80年代における実測値と計算値の乖離が改善されているようである。貝類が有明海の内部生産に対して影響を及ぼしていたものと推測される。

5. 結論

本研究では有限容積モデルを用いて、有明海の栄養塩負荷の長期的変化が低次生産能力に及ぼす影響について検討した。COD濃度を長期的に再現する事で、し尿の海洋投棄が有明海の内部生産、漁獲量に影響を与えていたと推測された。

謝辞：本研究の遂行にあたり、浜崎佑貴氏（福岡市）及び関係機関各位に深謝致します。

参考文献

- 1) 佐賀大学有明海総合研究プロジェクト：佐賀大学有明海総合研究プロジェクト最終成果報告書, 2010.
- 2) 九州環境管理協会有明海研究会：有明海環境の定量的評価の研究「漁業生産の回復に向けて」, 2007.
- 3) Vongthanasanthom, N.: Integrated water quality analysis for water management in the Chrlugo basin and the Make Sea, 佐賀大学博士後期課程学位論文, 2004.
- 4) 伊豫岡ら：有明海における底質の物理的・化学的分布特性, 環境工学研究論文集, Vol. 46, pp. 453-459, 2009.
- 5) 厚生省: 厚生白書
- 6) 環境省: 一般廃棄物処理実態調査結果, 1998～2006.
- 7) 佐賀県有明水産振興センター, 福岡県水産海洋技術センター 有明海研究所: 有明海浅海定線調査, 1977～2010.
- 8) NPO 法人 有明海再生機構：平成 18 年度 漁業者ヒアリング調査結果報告書, 平成 19 年 3 月
- 9) 国土交通省 九州地方整備局: 有明海・八代海 流入一級河川水質等データ, 1978～1998.
- 10) 気象庁: 気象データベース, 1977～2010.
- 11) Rich L. G.: Environmental system engineering McGraw-Hill, pp.113-114 and pp.139-141, 1973.
- 12) 松尾ら：大学土木水環境工学 改訂 2 版, オーム社, pp.207, 2005.
- 13) 総務省統計局：国勢調査各都道府県人口推移, 1977～2010.
- 14) 佐賀県, 福岡県, 熊本県, 長崎県ホームページ

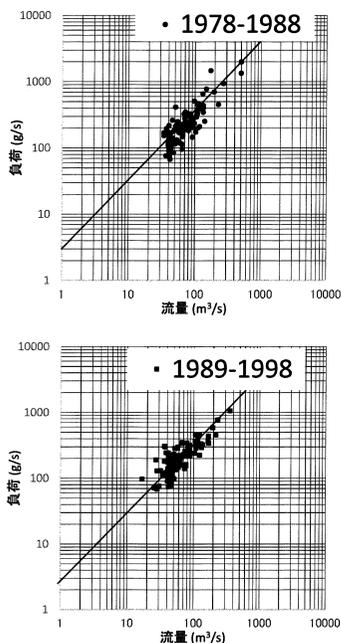


図-5 筑後川のL-Q回帰式

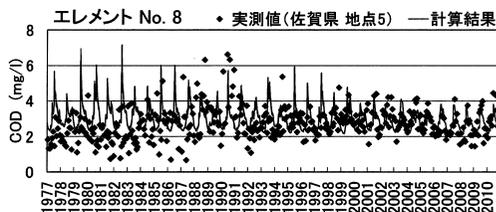


図-6 栄養塩負荷を考慮

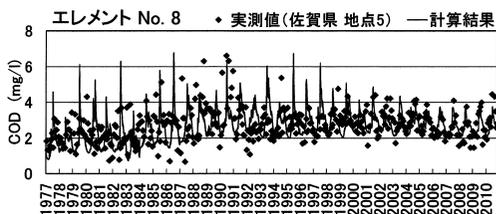


図-7 貝類の影響を考慮

- 15) 楠田哲也編著：蘇る有明海, 恒星社厚生閣, pp.197-207, 2012.
- 16) 伊豫岡ら：有明海湾奥部におけるカキ礁分布とカキ養殖による環境改善効果, 環境工学研究論文集, Vol. 45, pp. 501-506, 2008.
- 17) 農林水産技術会議事務局：潮間帯周辺海域における浄化機能と生物生産に関する研究, プロジェクト研究成果シリーズ, 212, pp. 82-102, 1988.
- 18) 農林水産省：農林水産統計年報, 1977～2010.