

筑後川感潮域の水質変動特性に関する研究

Vongthanasunthorn Narumol

古賀 憲一
荒木 宏之
山西 博幸

佐賀大学低平地沿岸海域研究センター
Faculty of Engineering, Kasetsart University

佐賀大学大学院工学系研究科

佐賀大学低平地沿岸海域研究センター

佐賀大学低平地沿岸海域研究センター

1. はじめに

国内最大の干満差を有する有明海に接する筑後川感潮域の水質特性は、近年の海面上昇や少雨傾向、そして上流域における水利用形態の変更等、様々な影響を受け、感潮域に産卵するエツヤリアケヒメシラウオなどの貴重種を含む生態系への影響が懸念されている。著者らはこれまで、水質モデルを用いた筑後川感潮域の長期的な塩分挙動の解析及び上流域である筑後大堰堰水域の内部生産特性について検討を行ってきた¹⁾²⁾。本研究は、筑後川流域の総合的水管理を最終目的として、筑後川の最下流域でもある感潮域の水質変動特性、特に懸濁性物質の長期的変動特性について考察したものである。



図 1 筑後川感潮域の概略

2. 筑後川感潮域

九州最大一級河川である筑後川の幹線流路延長は143km、流域面積は2,860km²、熊本県、大分県、福岡県、佐賀県の4県にまたがる。流域内の人口は約109万人である。筑後川感潮域には大川市及び佐賀市などの主要都市があり、水田や干拓地が存在し、環境保全を含む様々な水資源開発がなされてきた。そのため、筑後下流の水利用を安定させる役割を持つ筑後大堰が1985年4月に運用開始された³⁾。農業の近代化と経営の合理化を図るため筑後川下流水事業による農業用水の取水が1996年5月から開始され、夏期(6月～9月)に集中的な取水が行われている。

図 1 に筑後大堰から河口まで筑後川感潮域の概略を示す。筑後大堰は河口から23.0km地点、水質観測地点として六五郎橋及び諸富橋は河口から14.7kmと7.7km地点に位置している。筑後大堰直下地点の平均流量は115m³/s(1994年～2008年)である。

本研究の解析に用いた観測データは雨量・流量

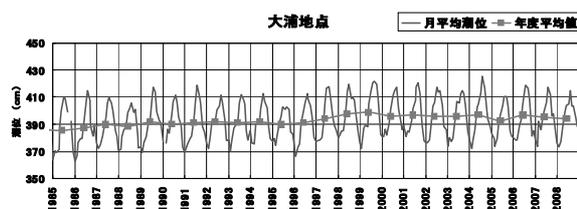


図 2 有明海の潮位変動

年表データベース(社)日本河川協会), 筑後大堰関連環境調査資料(年次資料, 独立行政法人水資源機構 筑後大堰管理所)⁴⁾, 公共用水域水質測定データ(環境省)である。

3. 筑後川感潮域における水質変動特性

3.1 感潮域における塩分の変動特性

有明海の大浦地点で観測された潮位の経年変化を図 2 に示す。近年において有明海の潮位上昇傾向が見られる。1984年～2004年の六五郎橋地点の塩分濃度の実測値から筑後川下流域の長期的な塩水化傾向が認められ、六五郎橋地点まで海水遡

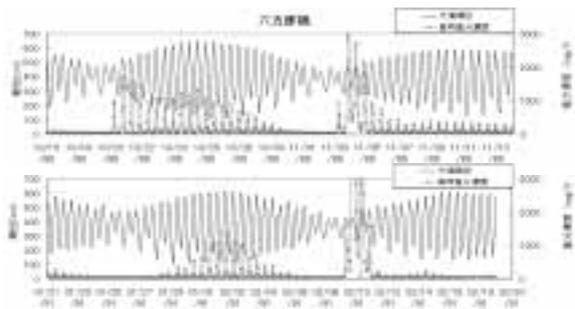


図 3 六五郎橋地点の毎時塩分と潮位

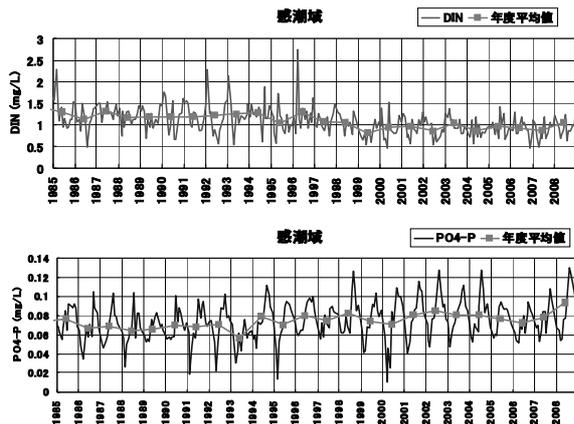


図 4 筑後川感潮域における栄養塩⁴⁾
(上: DIN, 下: PO4 P)

上の影響が認められる¹⁾。

六五郎橋地点の毎時塩分と潮位の関係(図 3)から小潮時付近(長潮)に観察された塩分上昇が特徴的である⁵⁾。同様な現象が観察された川内川においても日潮不等に伴う(高潮位の継続期間が長くなるため)塩分上昇が小潮時から2~3日後に発生しやすいようである⁶⁾。

3.2 感潮域における栄養塩の変動特性

図 4 に筑後川感潮域の栄養塩を示す。DIN 濃度の経年変化は減少傾向が見られるものの、PO4 P 濃度は若干増加傾向にあることが分かる。

筑後川感潮域の栄養塩変化の要因として①筑後大堰湛水域地点の水質変化、②大堰下流域における陸域からの流入負荷、③感潮域における内部生産、④有明海湾奥部の水質変化、⑤潮位上昇に伴う海水遡上量の変化が考えられる。

筑後大堰湛水域の栄養塩を図 5 に示す。筑後大堰湛水域の DIN 濃度は経年的には殆ど変化していない。PO4 P 濃度は1998年から一時的な上昇傾向は見られるが2005年以降、その上昇傾向は認められない。近年における筑後大堰湛水域の水質変化の影響は小さいと考えられる。

大堰下流域における陸域からの流入負荷については、情報が不足していることから塩分濃度の解

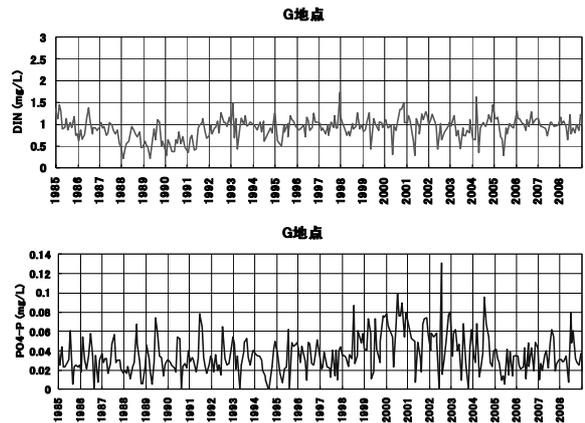


図 5 筑後大堰湛水域における栄養塩⁴⁾
(上: DIN, 下: PO4 P)

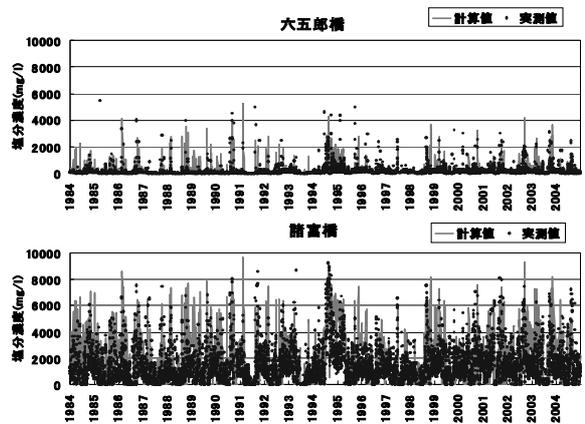


図 6 筑後川感潮域における塩分
(上: 六五郎橋地点, 下: 諸富橋地点)

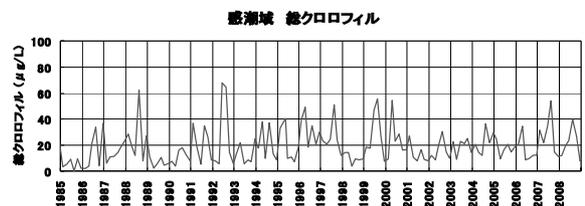


図 7 感潮域における総クロロフィル⁴⁾

析結果(図 6)を用いて流入負荷の影響を推測した。陸域からの淡水流入を考慮しなくても長期間にわたり良好な再現結果が得られることから大堰下流域における陸域からの流入負荷による寄与度は低いと考えられる。

感潮域における総クロロフィル濃度を図 7 に示す。総クロロフィル濃度の増加傾向は見られないため、藻類摂取の影響は小さいと推測される。

河口付近の有明海湾奥部における DIN 及び PO4 P の濃度は図 8 のように季節的な変動はあるものの経年的な変化は認められないことから感潮域の栄養塩濃度は有明海の水質の影響を然程受けていないと考えられる。

有明海の潮位の上昇時期(図 2)と感潮域の DIN 濃度減少時期が概ね一致していること、図

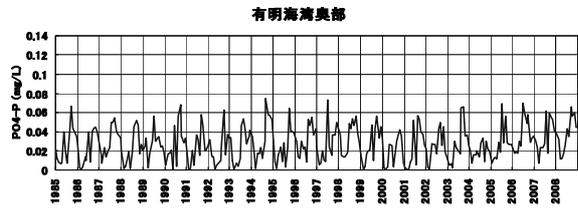
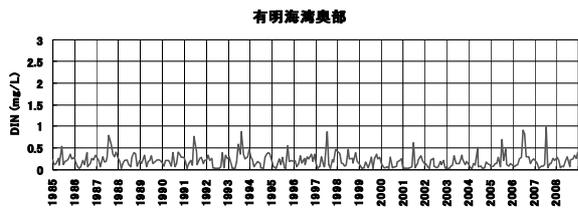


図 8 有明海湾奥部における栄養塩⁴⁾
(上：DIN，下：PO4 P)

8に示すように有明海湾奥部の栄養塩は感潮域より低濃度であることから，感潮域のDIN濃度の減少は有明海からの海水流入による希釈の寄与が支配的と考えられる。

一方，感潮域のPO4 P濃度の増加現象は，上述したことも踏まえると筑後大堰直下から河口域までにおける負荷増加に起因していると考えられる。図示していないが，感潮域から河口域にかけてPO4 P濃度増加と濁度(SS)増加の関連性が見られることから凝集性を有する懸濁性物質に吸着されたPO4 Pが沈降・巻き上げの影響を受け，さらには底泥からの溶出の影響も受けている⁷⁾。これらのことから感潮域の経年的なPO4 Pの濃度上昇は，底泥からのSSの巻き上げに加え再帰負荷の増加によるものと推測される。感潮域の水質に及ぼす底泥の関与の可能性を確認するため，その第一歩として有限容積モデルを用いたSS濃度の解析を行った。

4. 有限容積モデル

図9に筑後川感潮域を2つの完全混合エレメントに区分する有限容積モデルを示す。筑後大堰堰水域からの流入境界条件として瀬ノ下地点のL-Q式で与え，有明海湾奥部からの流入境界条件は2次元有限容積モデルの計算結果⁸⁾を用いた。1996年5月から筑後川下流用水の取水量を考慮している。計算ステップは1日，計算期間は1984～2004年の21年間である。

分散輸送に関して前述した日潮不等現象を考慮し，日潮不等の度合いが大きくなるに従い，下げ潮時の分散輸送量を抑制するようにした。日潮不等の度合いを小松らの定義⁶⁾に基づく日潮不等係数(β)として求めた。図10に示すように潮位が幾何学的に周期的に変化する場合日潮不等係数

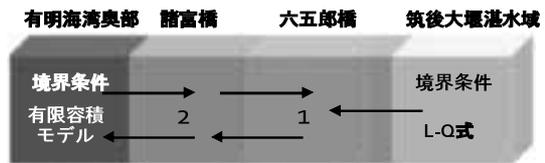


図 9 有限容積モデル

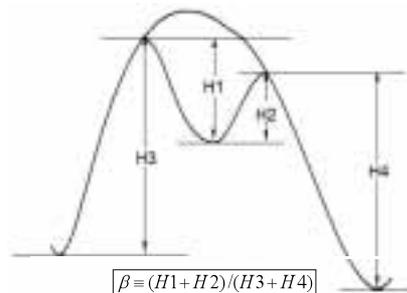


図 10 潮位周期の幾何学的な変化と日潮不等係数⁶⁾

は1に近づき，満潮後の潮位が干潮時に低下しない場合には0に近づく。

塩分濃度の解析結果から¹⁾大堰下流の陸域からの流入(負荷)の影響は小さいと考え，SS濃度の挙動に関する支配現象は沈降，底泥からの巻き上げによるものとした。諸富橋地点におけるSS濃度の実測値がないため，若津地点の実測値を用いた。SSの基礎式は式1に示す。

$$\frac{dSS_n(t) \cdot V_n(t)}{dt} = \Sigma \{ Q_{nm} [\delta_{nm} \cdot SS_m(t) + (1 - \delta_{nm}) SS_n(t)] + E'_{nm} (SS_m(t) - SS_n(t)) \} - K_{ss} \cdot SS_n(t) \cdot A + K_{rs} \cdot \frac{A_n}{H_n(t)} \quad (\text{式 1})$$

(V_n : エレメントnの体積， SS_n : エレメントnのSS濃度， t : 時間， SS_m : エレメントmのSS濃度， Q_{nm} : エレメントmからエレメントnへの流出入量， δ_{nm} : エレメントmからエレメントnへの移流係数， E'_{nm} : エレメントmとエレメントnの分散係数， K_{ss} : 沈降速度， A : エレメントnの面積， K_{rs} : 巻き上げ速度， H_n : エレメントnの日平均水深)

5. 筑後川感潮域におけるSS濃度の水質計算

感潮域のSS濃度に及ぼす流入負荷，沈降，底泥による巻き上げの寄与を検討するため，有限容積モデルを用いたSS濃度の水質計算と水質パラメーターの感度解析を行った。図11に境界条件のみを考慮した計算結果を示す。この図から明らかなように筑後大堰堰水域及び有明海からの流入による寄与度は低いことが確認され，感潮域にお

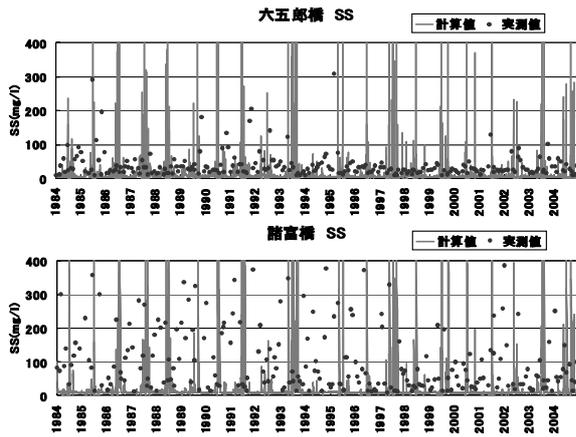


図 11 境界条件のみ考慮した SS 濃度の計算結果
(上：六五郎橋地点，下：諸富橋地点)

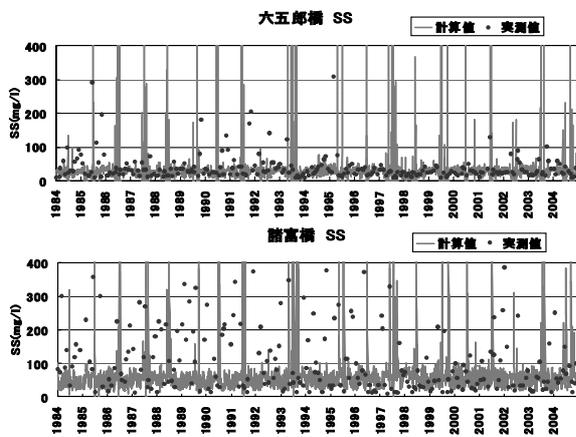


図 12 SS 濃度の再現結果
(上：六五郎橋地点，下：諸富橋地点)

ける SS 濃度は底泥からの巻き上げの影響を強く受けていることが確認された。

図 12 に沈降・巻き上げを考慮した SS 濃度の再現結果を示す。双方を考慮したことにより計算結果は改善の余地は残されているものの概ね良好であることが分かる。

6. まとめ

筑後川感潮域の2000年以降の DIN 濃度の減少現象は、藻類摂取による寄与も否定できないが、有明海からの海水の流入による希釈に支配され、PO4 P 濃度の増加傾向は底泥由来の巻き上げ・溶出による負荷増の影響と推測される。本論文では海水による凝集・沈降、底泥からの巻き上げを考慮したことにより感潮域の SS 濃度の良好な再現性が得られた。今後、SS 濃度の挙動について得られた成果を踏まえ、筑後川感潮域における PO4 P 濃度の現象再現を試みたい。

謝辞

本研究を遂行するにあたり観測データの提供等、協力を頂いた国土交通省九州地方整備局、独立行政法人水資源機構筑後川局、独立行政法人水資源機構筑後大堰管理所など関係機関各位に深謝致します。

参考文献

- 1) 西村陽介, 董滇紅, 古賀憲一, 大和則夫, 鶴田芳昭: 筑後川下流域の長期的な塩分濃度解析, 土木学会第63回年次学術講演会, pp.167-168, 2008.
- 2) 山口秀樹, 古賀憲一, 董滇紅: 筑後大堰堰水域の藻類挙動に関する基礎的研究, 土木学会第64回年次学術講演会, pp.1-2, 2009.
- 3) 独立行政法人水資源機構 筑後川局 筑後大堰管理所: 筑後大堰環境モニタリング, 2006.
- 4) 独立行政法人水資源機構 筑後大堰管理所: 筑後大堰関連環境調査資料(年次資料)
- 5) 西村陽介, 董滇紅, 畑田康助, 古賀憲一, 荒木宏之, 大和則夫, 鶴田芳昭: 筑後川下流域の海水遡上に関する基礎的研究, 平成18年度土木学会西部支部研究発表会, pp.991-992, 2007.
- 6) 小松利光, 上杉達雄, 孫双科, 安達貴浩, 松岡弘文, 大和則夫, 朝位孝二: 川内川河口部における塩水遡上について, 水工学論文集, 第40巻, pp.493-498, 1996.
- 7) 董滇紅, 古賀憲一, Patchraporn Ittisukananth, 西村陽介, 山口秀樹: 筑後川下流域の水質特性に関する基礎的研究, 環境システム研究論文集, 第36巻, pp.427-435, 2008.
- 8) Vongthanasunthorn, N., Koga, K., Araki, H., Yamanishi, H. and Ogushi, K.: Integrated Model for Water Quality Analysis in the Chikugo Basin and the Ariake Sea, 第40回環境工学研究フォーラム, pp.515-522, 2003.