

## 兎島湖に関する調査研究

—流入河川での溶存態有機物、栄養塩の挙動—

鷹野 洋，藤田和男，坂本祐基，板谷 勉，宮崎 清（水質第一科）



JISK0102にしたがって分析し、溶存態成分は whatman GF/C でろ過したろ液を分析に供した。Cl, PO<sub>4</sub>-P, NO<sub>3</sub>-N は Dionex 社製イオンクロマトグラフ DX-320, 全有機炭素( TOC) と溶存態有機炭素( DOC) は島津製 TOC-VCSH で測定した。クロロフィル-a( Chl-a) は GF/C で捕集し、海洋観測指針にしたがって分光光度法で求めた。懸濁態成分は全量から溶存態成分を差し引いて求めた。

### 3. 結果及び考察

#### 3.1 倉敷川の特徴

図2は2003年4月から2008年4月までの児島湖樋門の開閉実績<sup>8)</sup> から推定した倉敷川河口部での水量と水温の変化を示したものである。流入河川の水量は児島湖からの放流量に0.9を乗じ、笹ヶ瀬川：倉敷川 = 6：4に割り振って河川水量としている<sup>9)</sup>。倉敷川は自然河川ではなく、江戸時代に海運のために開削された運河の名残りであり、河川水は全て他の河川からの取水に頼っており、干拓地の農地化や宅地化に伴い排水路としての性格が強くなっている<sup>10)</sup>。したがって、図2に示すように、灌漑期(5月から10月)には灌漑用水が多量に流入するため河川水量は増加するが、非灌漑期(11月から4月)には水量が極めて少なくなる性質がある。また、倉敷川の最上流部には都市下水の処理水が放流されており、極端な場合は半量以上が下水処理水になることもある<sup>7)</sup>。

支流の郷内川は倉敷川水系で唯一の自然河川であり、上流部は自然豊かな山間部であるが、中流の木見橋付近より下流は近年住宅化が著しく進行し、生活排水の流入が増加している<sup>1)</sup>。

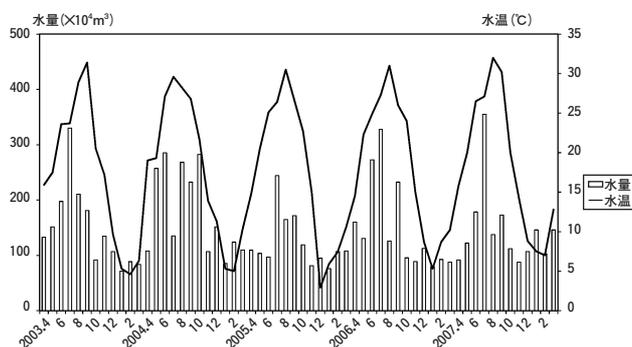


図2 倉敷川の水量と水温の変化  
(文献(8)と(9)より推定)

#### 3.2 TOCとDOCの変動

筆者らはDOCを直接測定する機器を保有していないため、DOCがDOMとほぼ同じである<sup>6)</sup>と仮定して調査を行った。TOCとDOCの変動を図3に示すが、(a)児島湖湖心と(b)倉敷川上流部の粒栄橋、(c)支流の郷内川藤戸橋の3地点について解析を行った。

児島湖湖心のTOC/DOC比は62%~88%を占め、TOC、DOCともに春から冬にかけて徐々に減少し、冬から春に急激に増加した。TOCに比べてDOCは変動が緩やかであり、懸濁態TOCの増減がTOCの変動に強く関与しており、流入河川河口部および湖内での内部生産によって懸濁態TOC(植物プランクトン)が増加することを示している。

粒栄橋のTOC/DOC比は78%~95%であり、TOC、DOC共に夏に減少して秋から春にかけて徐々に増加する

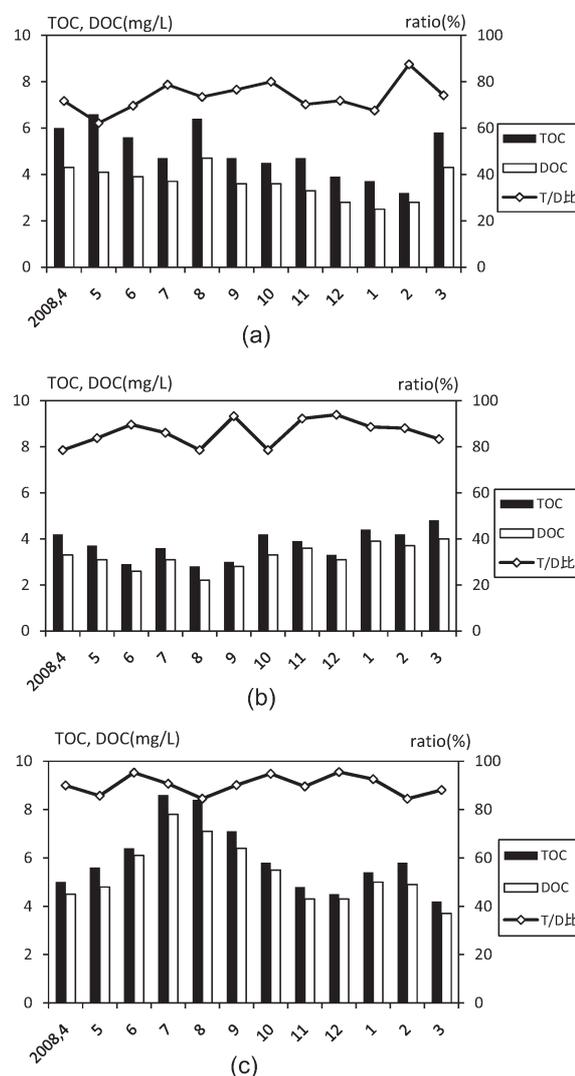


図3 (a)湖心、(b)粒栄橋、(c)藤戸橋でのTOCとDOCの変動

傾向が見られた。粒栄橋で夏期にTOCとDOCが低値であったことは、下水処理水の放流により極めて難分解な成分しか残っていなかったことや、TOCで2~3mg/Lの農業用水<sup>11)</sup>によって希釈されたためと考えられる。

藤戸橋のTOC/DOC比は85%~95%であり、夏に高濃度になり秋に減少して冬にまた増加した。藤戸橋は平均値でTOCが6.0mg/L、DOCが5.4mg/Lと他の2地点に比べてともに高い傾向を示し、特に夏に著しく増加しており、DOCで5~7mg/Lの水田排水<sup>12)</sup>が流入して水質に反映したと考えられる。また、7月から9月の夏期を除いた他の季節の平均でもTOCが5.3mg/L、DOCが4.8mg/Lであり、周辺住宅地からの浄化槽排水の影響が大きいことを示している<sup>7)</sup>。

野上ら<sup>13,14)</sup>によると、児島湖のDOMの変動は疎水性酸性物質の増減に依存し、夏期に増加して冬期に減少する傾向を示しているが、疎水性酸性物質の発生源や増減の要因については未だに不明である。

### 3.3 栄養塩類の変動

#### 3.2.1 全窒素、全リンの挙動

図4(a)に粒栄橋の各態窒素、図4(b)に各態リンの変動

を、図5の(a)、(b)に藤戸橋のものを示した。特徴的なことは、粒栄橋のリン濃度が夏期に増加していなかったことである。児島湖の調査では夏にリン濃度が増大し、早春から初夏に窒素の増加が観測されており(図6)、水田排水と底泥からの溶出の寄与が大きいと考えられている<sup>15)</sup>。しかしながら、排水路と化している倉敷川の上流部で夏期にリン濃度が上昇しないことは予想されていなかったことであり<sup>11)</sup>、非灌漑期の約4倍にも達する灌漑用水の大量流入<sup>11,16)</sup>によって汚濁物質が希釈された結果と思われる。

また、冬期には粒栄橋の窒素、リンおよび藤戸橋の窒素が極めて高濃度になっていた。非灌漑期は農業用水の導入量が低下し<sup>16)</sup>、児島湖の流入水量も灌漑期の半分程度になっている<sup>8)</sup>。倉敷川は非灌漑期の農業用水が少ない時は生活排水のみが流入する河川であり、流れはほとんど無い<sup>7)</sup>。したがって、希釈効果が全く望めない状態であり、周辺から流入した窒素、リンはそのままの濃度で下流へ流れていると考えられる<sup>17)</sup>。

郷内川も冬期は水量が低下<sup>7)</sup>して希釈効果があまり望めないため、周辺からの浄化槽排水を含む生活排水の影

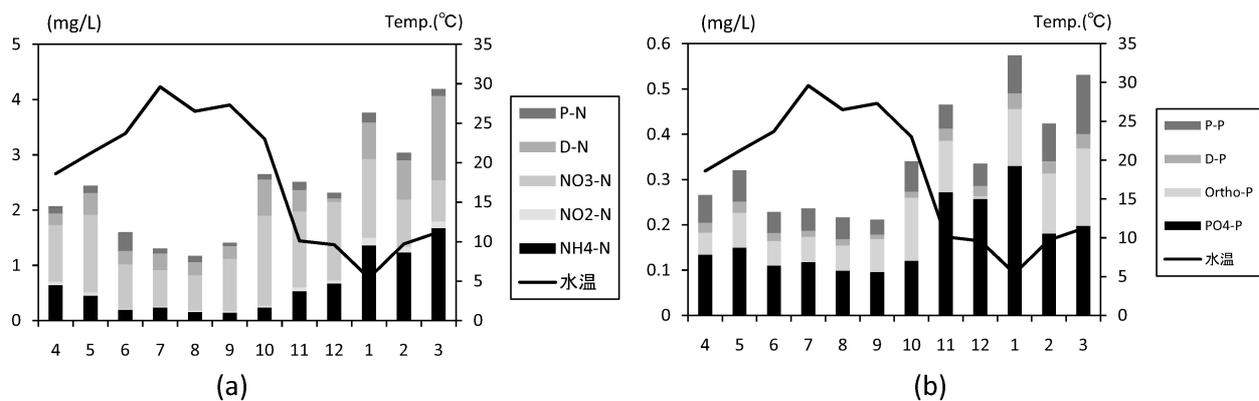


図4 粒栄橋での各態窒素(a)、各態リン(b)の変動

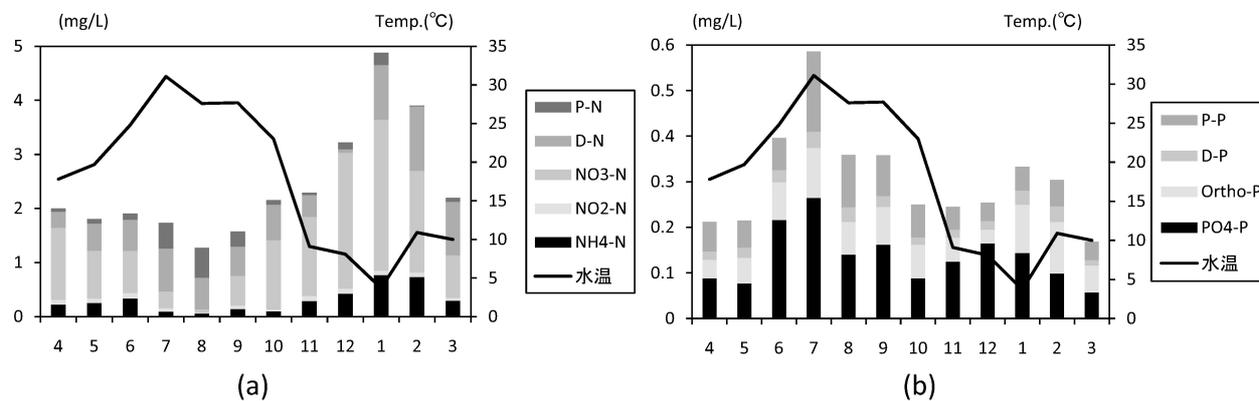


図5 藤戸橋での各態窒素(a)、各態リン(b)の変動

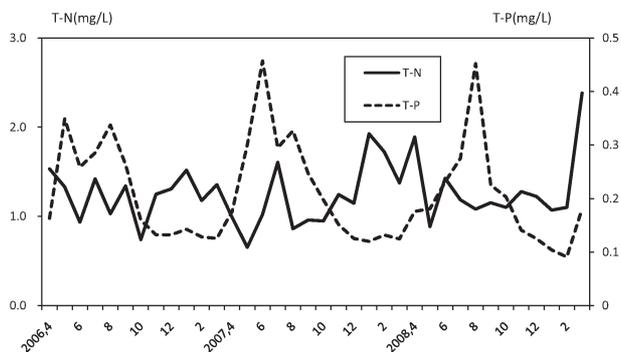


図6 児島湖の全窒素と全リンの変動  
(2006.4～2008.3)

響が大きいことがうかがえる。

平成20年度は河川部での水量の調査を行っていないため詳細は不明であり、今後、水量の把握について検討する予定である。

### 3.2.2 各態窒素の挙動

粒栄橋で特徴的なことは非灌漑期のアンモニア態窒素濃度の増加であり、多い時には1.5 mg/Lに達し、全窒素の50%以上をアンモニア態窒素が占めている。農業用水の取水量が減少する非灌漑期は、周辺の住宅地からの生活排水が希釈されずに下流に流れている。このような傾向は児島湖流域ではこれまでも観測された現象であり<sup>7)</sup>、河川上流部では生活排水の影響が顕著に表れている。

河川環境改善のためには、下水道への接続による生活排水の負荷削減や河川への浄化用水の導入量増加が効果的であり、今後各機関による積極的な対応が必要である<sup>7,9)</sup>。

藤戸橋は冬期にもアンモニア態窒素濃度はそれほど上昇せず、硝酸態窒素が年間をとおして大部分を占めていた。郷内川も観測地点の上流部には新興住宅地が広がり、下水道整備もまだ進行中<sup>1)</sup>のため、生活排水の大部分は郷内川へ流入している。しかしながら、窒素の分解が進行していることから、流入する窒素は浄化能力の範囲内であることを示している。

### 3.2.3 各態リンの挙動

藤戸橋は夏期にリン酸態リンが0.2 mg/L以上の高濃度になっていた。窒素では十分な浄化作用を示した郷内川が、夏期のリンについては浄化作用を示していない。過去に行われた郷内川流域での水田調査<sup>7)</sup>から、この地区の水田はリンの流出率が大きいことがわかっており、夏期にリン酸態リンを多量に含む水田排水が流入したこと

を示している。

粒栄橋は各態窒素とほぼ同様な傾向を示し、年間をとおしてリン酸態リンが全リンの50%以上を占めていた。反対に、懸濁態リンは年間をとおして20%以下であり、内部生産が小さく無機態リンが懸濁態リンへ十分変換されていないことを示している。

### 3.2.4 Chl-aの挙動

生物生産を示すChl-aを図7に示すが、粒栄橋では年間をとおして低濃度であり、生物生産や底泥への沈殿などの浄化作用が十分に機能していないことを示している。倉敷川上流部は水際がコンクリート製の護岸からなっており、底泥はヘドロ状を呈していることから、水生植物などの生育に不適當であり、内部生産も活発ではないと思われる。

藤戸橋では夏期にChl-aが高濃度になっており、生物活性が高まっていることを示している。郷内川もブロック護岸で覆われているが、底質が砂質であることから植物が繁茂した中州が存在し、内部生産も倉敷川に比べて活発である。

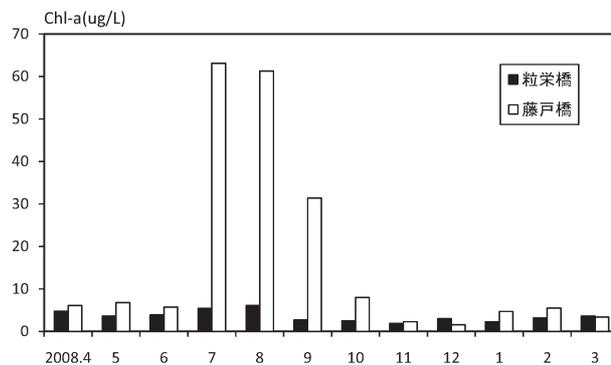


図7 粒栄橋と藤戸橋におけるクロロフィル-aの変動

## 4. まとめ

児島湖の水質汚濁に大きな影響を与えている流入河川、特に倉敷川に注目して汚濁状況について調査を行った。

その結果、倉敷川は農業用水の水量の変化に強く影響され、農業用水が少なくなる非灌漑期に生活排水からの汚濁負荷の影響を反映した水質変動が認められた。また、河川底質は過剰な汚濁負荷によりヘドロ化し、生物による浄化作用がほとんど期待できない状況であり、汚濁負荷の削減とともに非灌漑期の水量増加や浄化能力の向上を図る必要があった。

支流の郷内川は水田排水の影響を強く受けていたが、

河川の途中に中州が存在し、自然河川としての形態を維持しており、浄化作用がかなり活発な状態であった。しかしながら、栄養塩類は極めて高濃度であり、周辺からの汚濁負荷を削減する必要性が認められた。

倉敷川水域は下水道整備が進行中<sup>1)</sup>であり、今後下水道への接続増加に伴い汚濁負荷量の削減が行われれば、河川の水質改善が期待される。

今後は河川水量の把握を行うとともに、汚濁負荷量の削減状況との関連についても検討を行っていく予定である。

### 引用文献

- 1) 岡山県生活環境部環境管理課：児島湖ハンドブック，2008
- 2) 全国湖沼環境保全対策推進協議会：全国湖沼資料集，平成10年度～平成18年度
- 3) 環境省水環境部：湖沼水質保全対策・総合レビュー検討調査報告書③琵琶湖編，2005
- 4) 小松，今井，松重，奈良，川崎：三次元励起蛍光スペクトル法による霞ヶ浦湖水及び流域水中DOMの特性評価，水環境学会誌，Vol.31，No.5，2008
- 5) 野上，西，島村，宮永：児島湖流域河川における有機汚濁物質の特性，水環境学会誌，Vol.28，No.3，2005
- 6) 相崎守弘：湖沼環境の改善に求められるもの，資源環境対策，Vol.41，No.2，2005
- 7) 岡山県：児島湖総合水質改善対策推進事業委託業務報告書，2002
- 8) 岡山県：平成15年度～平成19年度児島湖締切堤防樋門操作月報
- 9) 岡山県：児島湖水環境改善対策推進事業報告書，2007
- 10) 児島湖流域エコウェブ：児島湖読本，2006
- 11) 岡山県：平成19年度公共用水域測定及び地下水の水質測定結果，2008
- 12) 岡山県：湖沼水質保全計画策定支援調査報告書，平成18年度環境省委託調査
- 13) 石川雅恵，宮永政光，野上勇作，鷹野洋：児島湖流域河川から児島湖に輸送される有機汚濁物質について，第43回日本水環境学会年会講演集，2009
- 14) 野上裕加，宮永政光，野上勇作，鷹野洋：児島湖流域河川及び児島湖の溶存態有機物質の性状比較，第43回日本水環境学会年会講演集，2009
- 15) 鷹野洋，村上和仁，生本照子，荻野泰夫：児島湖における栄養塩の挙動，第30回日本水環境学会年会講演集，1996
- 16) 国土交通省中国地方整備局：平成18年度水利状況調査書
- 17) 岡山県：児島湖流域河川支流別汚濁状況調査報告書，1999