

【調査研究】

## 児島湖流入河川下流域の内部生産(4)

- 植物プランクトンのP-CODおよび窒素・リン -

藤田和男, 山本 淳, 小野 質, 北村雅美, 斎藤直己(水質第一科)

### 要 旨

児島湖流入河川下流域での植物プランクトンによる著しい内部生産発生の特性解明のために、児島湖湖心および主な流入河川である笹ヶ瀬川および倉敷川において、COD, TOC, SS およびクロロフィル a (Chl. a) と窒素・リンの関係について1997年から2004年にかけて調査を行った。水の濁りに関するSS, 強熱減量(IL)およびChl. a, 懸濁態COD(P-COD), 懸濁態有機炭素(POC)は、植物プランクトンに吸収された窒素・リンである懸濁態窒素(P-N)および懸濁態リン(P-P)値とほぼ直線的な関係にあった。

[キーワード: 児島湖, P-COD, クロロフィル a, 窒素, リン]

### 1 はじめに

水域で増殖した植物プランクトンは、内部生産CODとなり全CODを増加させることから、水質浄化対策を行う場合、植物プランクトンの発生特性を把握しておくことは重要であると考えられる。

これまでの報告<sup>1)</sup>において、児島湖への二大流入河川である笹ヶ瀬川、倉敷川の下流域において著しい内部生産が発生していることを指摘するとともに、懸濁態COD(P-COD)のほとんどが内部生産そのものであることを明らかにした。また昨年度は細胞の増殖によるクロロフィル a (Chl. a) の増加に伴ってP-COD/Chl. a 比が減少することが明らかになった<sup>2)</sup>。

本年度は児島湖および流入河川の水質調査結果をもとに、植物プランクトン細胞に栄養塩として吸収された窒素・リンと水質との関係について検討した。

### 2 材料および方法

調査地点を図1に示す。笹ヶ瀬川については、比丘尼橋、白石橋、今保通学橋、相生橋、笹ヶ瀬川橋、浦安西上2、浦安西、笹ヶ瀬新橋、笹ヶ瀬川河口の9地点である。倉敷川については、下灘橋、盛綱橋、稔橋、倉敷川橋、新倉敷川橋、倉敷川河口の6地点である。児島湖については、湖心、樋門、湖南の3地点である。

採水回数は、1997年4月～1999年3月までは年に12

回(地点～および～), 1999年4月～2001年3月までは年に12回(地点～, ～および～), 2001年4月～2002年3月までは年に4回(地点～, ～, および～), 2002年4月～2003年3月までは年に4回(地点～), 2003年4月～2004年3月までは年に4回(地点～および～)である。

分析項目のうち、COD, 全窒素(T-N), 全リン(T-P), SS, IL, TOC, NO<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N, PO<sub>4</sub>-Pについては工場排水試験法K0102<sup>3)</sup>に準じ

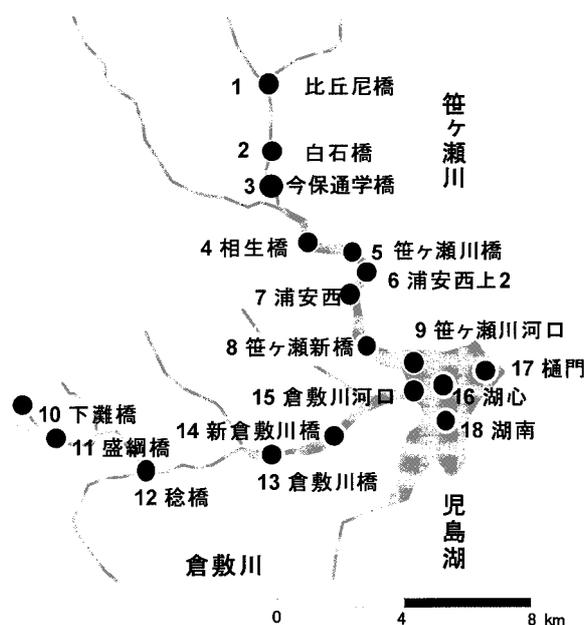


図1 調査地点

て、また Chl. a は吸光度法<sup>1)</sup>により測定した。なお、サンプルを濾紙 (Whatman, GF/C) により濾過し、濾液の COD を D-COD とし、COD から D-COD を差し引いた値を懸濁態 COD (以下 P-COD) とした。懸濁態有機炭素 (以下 POC), 懸濁態窒素 (以下 P-N) および懸濁態リン (以下 P-P) についても P-COD と同様に濾液との差から懸濁態の値を求めた。

### 3 結果および考察

内部生産による水の濁りを示すと考えられる懸濁態の項目として、透明度、SS、IL および Chl. a と、P-N および P-P との関係を示す (図 2)。データの各プロットは、各測定地点の年平均値である。

図 2 に示すように透明度は水中の懸濁態粒子と光の透過度についてのベールの法則の式  $d = (A/\epsilon) \cdot x^{-1}$  ( $d$ : 透明度,  $A$ : 吸光度,  $\epsilon$ : 吸光係数,  $x$ : 粒子濃度) の関係により近似された。

透明度以外の項目 (SS, IL および Chl. a) と P-N

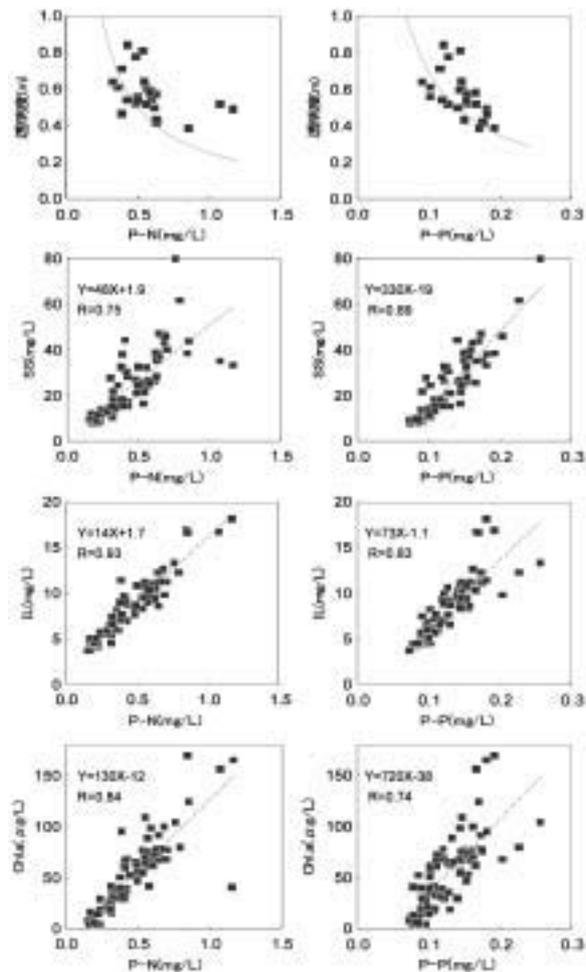


図 2 P-N および P-P と SS, IL および Chl. a の

および P-P の関係については、全て原点近くを通る直線で近似され高い相関があった。P-N および P-P については、P-COD や POC が植物プランクトンの内部生産によるものと考えられること<sup>1)</sup>や、Chl. a と原点近くを通る直線的な関係を示すことなどから、植物プランクトンに吸収された窒素及びリンであるといえる。SS および IL は P-N および P-P 即ち植物プランクトンの内部生産により引き起こされると考えられる。

植物プランクトン細胞は河川を流下するのに伴い増殖し、P-N および P-P や Chl. a, P-COD 等の値が増加していくことから、図 2 の透明度以外のプロットで、より原点に近い点は児島湖流入河川上流部の値を示し、原点から離れて P-N および P-P の値が大きい点ほど下流域や湖心の値を示している。

炭素に関する項目として、P-TOC および P-COD と、P-N および P-P の関係を図 3 に示す。P-TOC および P-COD と P-N および P-P の関係は全て原点近くを通る直線で近似された。このことから水中の懸濁態炭素成分は窒素およびリンを吸収して増殖した植物プランクトンによるものと考えられる。

図 4 に DOC および D-COD と P-N, P-P の関係を示す。両者の関係を示す直線の傾きは POC や P-COD と比較して小さく、P-N および P-P の DOC や D-COD への影響は小さかった。しかし、P-N および P-P の増加に伴い D-COD が 1.7mg/L 程度増加しており、植物プランクトンの代謝産物等による影響の可能性はある。これについて、藻類培養実験では藻類の代謝産

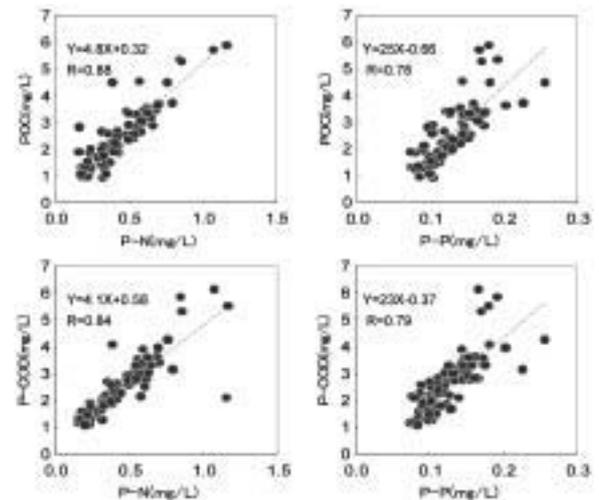


図 3 P-N および P-P と POC および P-COD の

物による D-COD の増加が P-COD の増加の10%程度であること<sup>5)</sup>や、POC と Chl. a によい相関が見られること<sup>6)</sup>が報告されている。

図5に湖心での T-N, P-N, T-P, P-P および無機態窒素 ( $\text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$ ), 無機態リン ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) の経時変化を示す。また, P-N/T-N 比, 無機態 N/T-N 比 及び P-P/T-P 比,  $\text{PO}_4\text{-P/T-P}$  比 (%) を示す。窒素については, 期間中の平均値では, 植物プランクトンに吸収された窒素である P-N は T-N のうち31%であり, 栄養塩として利用可能な無機態窒素は T-N の54%であった。両者の T-N に占める割合を比較すると, P-N は無機態窒素に比べて少なく, 無機態窒素の半分程度であった。

一方, リンについては, 期間中の平均値では, P-P つまり植物プランクトンに吸収されたリンは T-P の62%, 栄養塩として利用可能な  $\text{PO}_4\text{-P}$  は T-P の26%であった。両者の T-P に占める割合を比較すると, P-P は無機態リンに比べて倍程度と大きく, これは T-N における P-N と無機態窒素の関係とは逆であった。また P-P/T-P 比は夏期には40%程度まで下がるがそれ以外の時期では70~80%と高い値であり, 夏期以外は水中のリンの大部分が P-P として細胞に吸収された形で存在しているといえる。

これらのことからリンについては河川を流下, および湖心で滞留する間に植物プランクトンにその多くが吸収され, 栄養塩として利用できる状態の無機態リンも少ない。一方, 窒素についてはまだ植物プランクトンに吸収されていないものや栄養塩として利用可能な

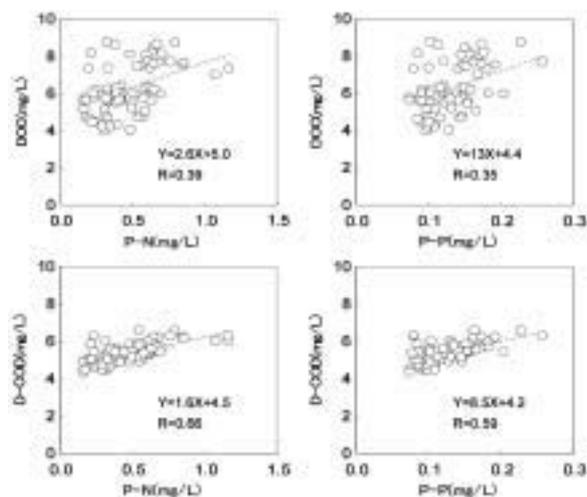


図4 P-N および P-P と DOC および D-COD

無機態窒素がリンと比べて水中に多く存在しており, 水域は植物プランクトンの増殖にとってリン制限的な状態であり, リンは窒素よりも植物プランクトンによる内部生産への影響が大きいと考えられる。児島湖湖心の季節変動を調べた報告では夏期 (6~9月) は窒素制限的, その他の季節はリン制限的であることが報告されている<sup>7)</sup>。これらのことから児島湖および流入河川での内部生産の抑制にはリンの対策が重要であると考えられるが, より詳しい検討に際しては植物プランクトン種の特性等も含めた十分な調査が必要である。

図6に P-P と P-N の関係をプロットし, 植物プランクトン細胞を構成する N/P 組成比を表す直線を合わせて示す (a: アオコ 13.5<sup>8)</sup>, b: 植物プランクトン 7.3<sup>5)</sup>, c~c': 珪藻 2.7~6.8<sup>5)</sup>)。測定値は主に珪藻を示す範囲にプロットされたが, 児島湖および下

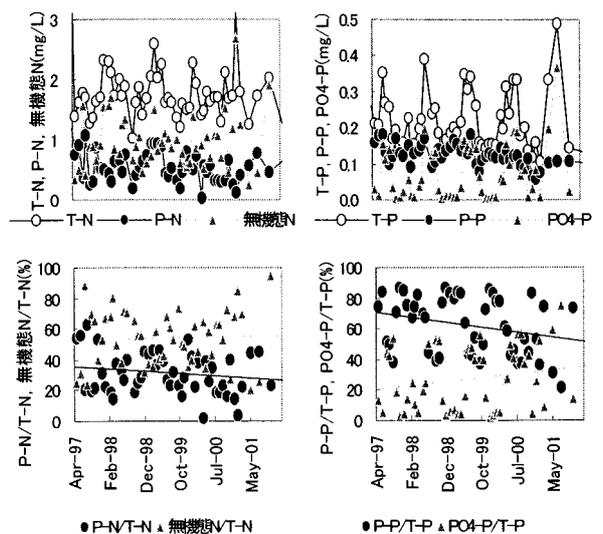


図5 T-N, T-P および P-N, P-P の経時変化

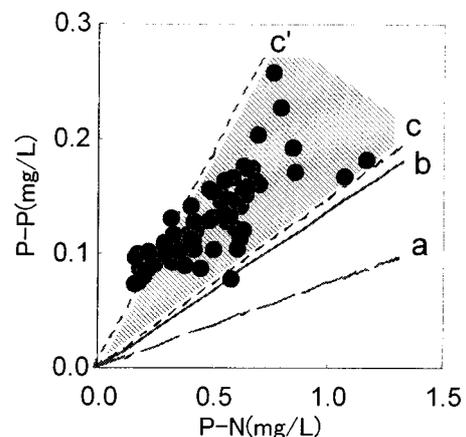


図6 P-N と P-P の関係

流域では珪藻が主に優占していることが報告されている<sup>1)9)</sup>。

#### 4 まとめ

- 1) 水の濁りの指標となる SS, IL, Chl. a, POC および P-COD 値は、植物プランクトンに吸収された窒素・リンである P-N および P-P 値と直線的な関係にあった。
- 2) D-COD は P-N および P-P とわずかに相関がみられた。
- 3) 児島湖およびその流域では N, P の年平均値から植物プランクトンの増殖に対しリン制限的であると推測される。

#### 文 献

- 1) 藤田和男, 鷹野洋, 吉岡敏行, 山本弘捷: 児島湖流域の内部生産, 岡山県環境保健センター年報, 25, 7~9, 2000
- 2) 藤田和男, 末石照香, 山本淳, 伊東清実, 道広憲秀, 山本弘捷: 児島湖下流域の内部生産<sup>(3)</sup>- 植物プランクトンの P-COD/クロロフィル a 比 -, 岡山県環境保健センター年報, 27, 19~21, 2003
- 3) 平河喜美男編: 工場排水試験法 JIS-K0102, 42~44, 日本規格協会, 東京, 1998
- 4) 西澤一俊, 千原光雄編: 藻類研究法, 398, 共立出版, 東京, 1979
- 5) 福島武彦, 天野耕二, 村岡浩爾: 湖沼水質の簡易な予測モデル<sup>2</sup> 湖水栄養塩濃度と内部生産 COD, クロロフィル a との関係, 水質汚濁研究, 9(12), 775~785, 1986
- 6) 近藤邦男: 汽水湖中海における溶存有機物の変動, 水質汚濁研究, 9(5), 307-313, 1986
- 7) 鷹野洋, 藤田和男, 吉岡敏行, 西島倫子, 山本弘捷: 児島湖に関する調査研究 - 平成11年度における児島湖の水質挙動について -, 岡山県環境保健センター年報, 24, 16~18, 1999
- 8) 高村義親, 野村和輝, 荻原富司, 平松昭, 矢木修身, 須藤隆一: 霞ヶ浦に発生するアオコと *Microcystis aeruginosa* の化学的組成について, 国立公害研究所報告, 25, 31~46, 1981
- 9) 藤田和男, 末石照香, 山本淳, 伊東清実, 道広憲秀, 山本弘捷: 児島湖下流域の内部生産<sup>(2)</sup>- 流下に伴う植物プランクトンの増殖 -, 岡山県環境保健センター年報, 26, 8~10, 2002