

河口湖、精進湖、本栖湖の有機物起源に関する研究

長谷川 裕弥

Study on Organic Matter in Lake Kawaguchiko, Shojiko and Motosuko

Yuya HASEGAWA

キーワード：富士五湖、河口湖、精進湖、本栖湖、COD、有機物の起源

富士五湖では湖周辺の下水道整備等により、流入する有機物汚濁負荷が減少したため、1990年代以降、富士五湖の化学的酸素要求量(COD)は減少傾向となり、2010年度にCODの環境基準を初めて全調査地点で達成した¹⁾。ところが、その後は河口湖、精進湖、本栖湖でCODが環境基準をしばしば超過しており、その原因究明が求められている。そこで、本研究では河口湖、精進湖、本栖湖のCODが環境基準を超過する原因を明らかにするために、湖水における有機物の起源を形態別に推定した。また、各湖の流入河川による有機物負荷の現状を調査したので報告する。

調査方法

1 調査地点及び調査期間

湖の調査地点は、河口湖、精進湖、本栖湖の各湖心の3地点とした。流入河川の調査地点は、河口湖の室沢川、奥川、寺川の各流末と精進湖の精進川流末としたが、本栖湖は流入河川がないので調査はしなかった(図1)。

湖の調査は2021年4月から2024年3月まで毎月1回の頻度で山梨県公共用水域の水質常時監視と同時に表層水(水深約30 cm)を採取した。流入河川の調査は、湖の採水日前後に筆者が採水した。

2 測定方法

試料は冷蔵保存して研究所に持ち帰り測定に供した。溶存態試料は孔径0.45 μmのメンブレンフィルター(ミリポア HAWP0045)でろ過して測定に供した。COD及び溶存態COD(DCOD)はJIS法(COD(Mn))に従って試料採取

後3日以内に測定した。全有機炭素(TOC)及び溶存態有機炭素(DOC)はGE Analytical Instruments社製のSievers M5310C(湿式酸化方式)を用いて測定した。懸濁態COD(PCOD)はCODからDCODを差し引いて算出した。同様に懸濁態有機炭素(POC)はTOCからDOCを差し引いて算出した。クロロフィルa(Chl-a)は山梨県公共用水域の水質測定結果を参照した^{2~4)}。260 nmの吸光度(UV260)は、試料採取した当日に溶存態試料を石英セル(1 cm)により、分光光度計(島津製作所製UV-2600)で測定した。UV260の単位はセル長当たりのミリ吸光度としてmABS/cmで記した。



図1 調査地点(湖心及び河川流末)

結果と考察

1 CODとTOCの関係

過マンガン酸カリウムを用いるCODの公定法では、全ての有機物を酸化できないと言われている⁵⁾。一方、当所が所有する湿式酸化方式のTOC計は、試料に酸化剤を添

加することで試料中の有機物を化学的に酸化分解させるため、燃焼酸化方式と比較して酸化分解力が弱く、懸濁態有機物の回収率が低くなる傾向があるとの報告がある⁶⁾。そのため、本調査ではCODとTOC及びDCODとDOCの関係も検討した。

環境水中のCODとTOCの間には正の相関関係 ($R=0.65\sim0.97$) があることが知られているが⁷⁾、河口湖と精進湖は先の報告ほど強い相関性が認められなかつた（河口湖： $R=0.41$ 、精進湖： $R=0.55$ 、図2）。一方、DCODとDOCの間には強い正の相関関係が得られた（河口湖： $R=0.73$ 、精進湖： $R=0.82$ 、図3）。CODとTOCの相関関係の傾きがDCODとDOCの相関関係の傾きより小さいことから、今回使用した湿式酸化方式のTOC計ではPOCの一部を酸化分解できていない可能性が考えられ、このことは前述の報告と整合するものであった。

以上より、本報告ではCOD (Mn) とDOCの結果を用いて有機物の起源等を形態別に検討した。

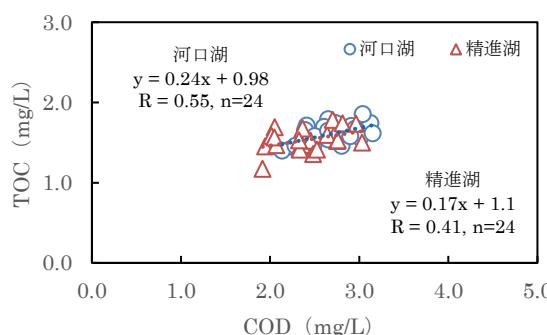


図2 CODとTOCの関係（2021年4月から2023年3月）

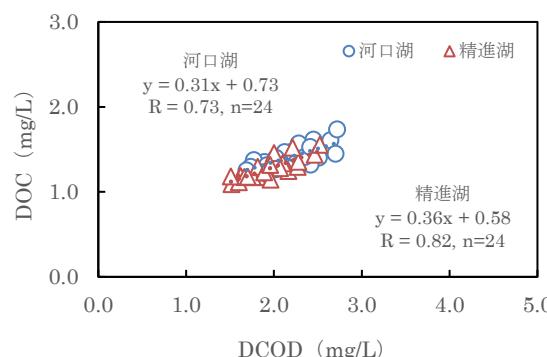


図3 DCODとDOCの関係（2021年4月から2023年3月）

2 CODの形態別測定

2021年4月から2024年3月までCODを形態別に測定

し、各形態の存在比の経月変化を図4に示す。その結果、各湖のCODに対するDCOD比は0.65～1.00であり、平均83%が溶存態として存在した。このことから、溶存態の負荷が高いことが明らかになった。

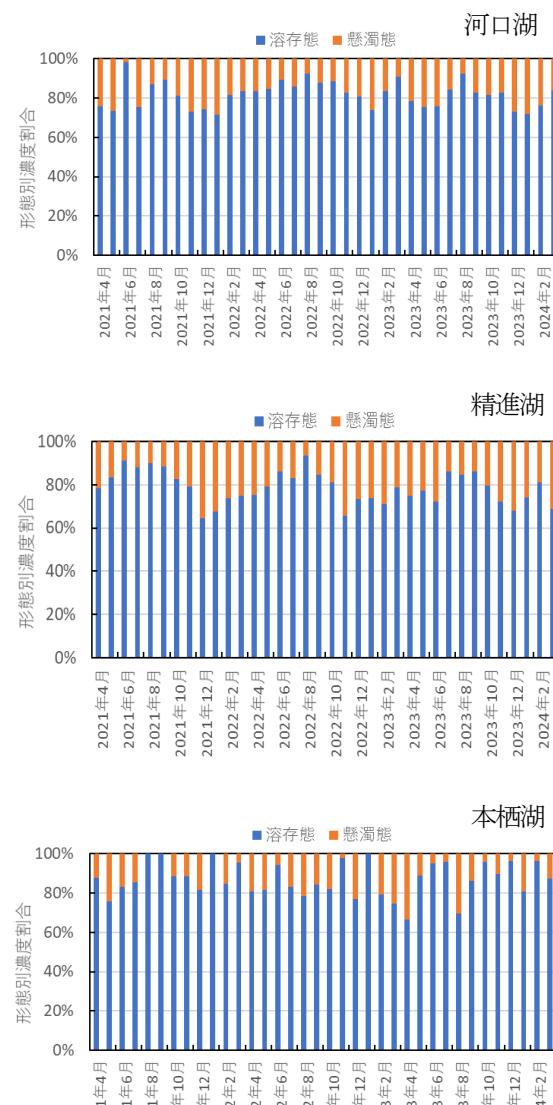


図4 各湖のDCODとPCODの存在比

3 溶存態有機物の起源推定

UV260はフミン物質などの腐植酸の極大波長として知られ、DOCと正の相関関係が認められている。そのため、DOCに対するUV260の比 (UV260/DOC) はフミン物質を多く含む土壤由来の水域では高く (23～58 { (mABS/cm) / (mg/L) })、内部生産由来の水域では低くなる (12 { (mABS/cm) / (mg/L) }) ことが報告されている^{8,9)}。そこ

で、本研究ではUV260/DOCを用いて溶存態有機物の起源を推定した。

2021年4月から2023年3月までの各湖のUV260/DOCの結果を図5に示す。本栖湖のUV260/DOCの平均値は 6.4 ± 2.4 { (mABS/cm) / (mg/L) } であり、内部生産由来の指標値 (12 { (mABS/cm) / (mg/L) }) より低かった。本栖湖は流入河川がないこと、貧栄養のため植物プランクトン等の内部生産が極めて少ないと考えられた。河口湖と精進湖のUV260/DOCの平均値は 14.3 ± 1.7 と 14.5 ± 1.8 { (mABS/cm) / (mg/L) } であり、内部生産由来の指標値 (12 { (mABS/cm) / (mg/L) }) に近い値であった。そのため、溶存態有機物は植物プランクトンが生産した有機物が主成分であると考えられた。

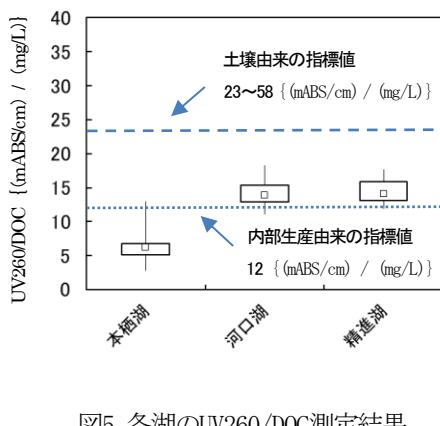


図5 各湖のUV260/DOC測定結果

4 懸濁態CODの起源推定

一般に閉鎖性水域の懸濁態有機物は植物プランクトン由来と考えられる。そこで2021年4月から2024年3月までの河口湖及び精進湖のChl-aとPCODの関係を検討した。その結果、河口湖は両者の間に正の相関関係が得られた ($R=0.64$, $n=36$ 、図6)、精進湖は両者の間に強い正の相関関係が得られた ($R=0.85$, $n=36$ 、図7)。このことから、PCODの多くは植物プランクトン由来であると考えられた。また、Chl-aとPCODの回帰直線が原点を通らないことから、植物プランクトン以外のPCODが一定量存在しているものと考えられた。なお、本栖湖はChl-aが低濃度 (<0.001~0.001 mg/L) で、両者の関係を検討できなかった。

5 流入河川のCOD負荷

2021年4月から2024年3月までの河口湖と精進湖の流入

河川のCOD結果を図8に示す。河口湖に流入する室沢川は2021年4月から2022年3月まで計11回、奥川は2021年4月から2023年3月まで計18回(冬季は水が涸れ採水不可)、寺川は2021年4月から2024年3月まで計36回調査を実施した。精進湖に流入する精進川は2022年4月から2024年3月まで計24回調査を実施した。なお、本栖湖は流入河川がないため、調査は実施しなかった。

流量が極端に少ない室沢川のCODは平均3.0 mg/Lであった。湧水を起源とする奥川のCODは平均0.4 mg/Lであった。當時一定量の流量を有する寺川のCODは平均2.3 mg/Lであった。寺川は河道整備の工事が行われており、その影響により河川水が濁りCODが高くなることがあった。流量が比較的少ない精進川のCODは平均0.9 mg/Lであった。

本研究では各流入河川の流量を測定していないためCOD負荷量を算出できないが、各流入河川のCOD平均値は平常時に湖のCOD環境基準である3 mg/Lを大きく超えておらず、またいずれも小規模河川のため湖に対するCOD負荷は高くないと考えられた。

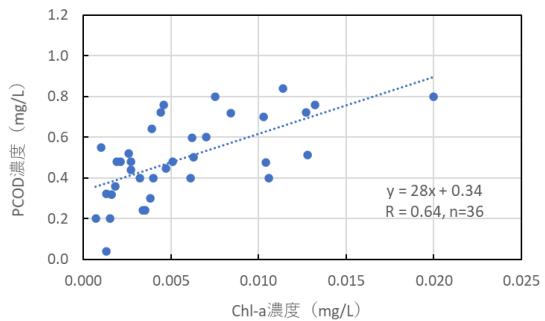


図6 河口湖のChl-aとPCODの関係

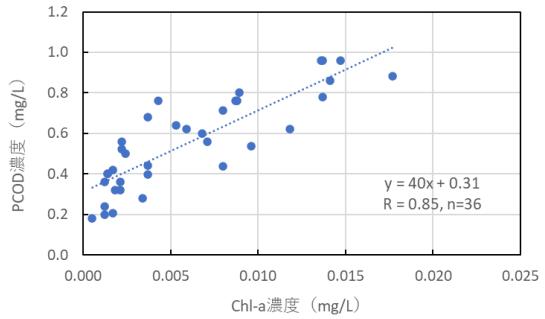


図7 精進湖のChl-aとPCODの関係

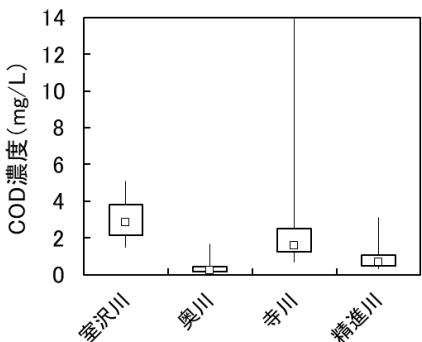


図8 流入河川の COD 濃度

上下に伸びる線の先端：最大値と最小値、箱の上端：75%値、箱の下端：25%値、箱中の四角：平均値

まとめ

本研究では COD (Mn) と DOC の測定結果を用いて各湖の有機物の起源を形態別に考察した。また、流入河川による有機物負荷の現状を調査し、以下のことが明らかになった。

- 1) 各湖の COD は溶存態が約 80% を占めており、溶存態の負荷が高かった。
- 2) 河口湖と精進湖の UV260/DOC は内部生産由来を示す指標値に近いことから、溶存態有機物は主に植物プランクトン由来であると考えられた。本栖湖の UV260/DOC は内部生産由来を示す指標値の半分の値だったことから、土壌由来及び内部生産の影響が小さいと考えられた。
- 3) 河口湖と精進湖は懸濁態 COD と Chl-a の間に正の相関関係が得られたことから、懸濁態 COD は主に植物プランクトン由来であると考えられた。
- 4) 河口湖と精進湖の流入河川の COD 平均値は平常時に湖の COD 環境基準 (3 mg/L) を大幅に超えないこと、小規模河川であることから、湖に対する COD 負荷は高くないと考えられた。

本研究結果から、各湖の COD で測定される有機物の主要な負荷源は植物プランクトン等による内部生産であると考えられた。富士五湖は大規模な流入流出河川がないため、湖水の滞留日数は数か月から数年とされている¹⁰⁾。そのため、湖水が循環しにくい富士五湖では植物プランクトンが増加しやすく、その結果 COD の基準超過を引き起こしていると考えられた。

参考文献

- 1) 山梨県大気水質保全課：平成 22 年度公共用水域及び地下水の水質測定結果 (2010)
- 2) 山梨県大気水質保全課：令和 3 年度公共用水域及び地下水の水質測定結果 (2021)
- 3) 山梨県大気水質保全課：令和 4 年度公共用水域及び地下水の水質測定結果 (2022)
- 4) 山梨県大気水質保全課：令和 5 年度公共用水域及び地下水の水質測定結果 (2023)
- 5) 佐藤紗知子ら：公共用水域における有機物指標としての TOC の重要性、陸水学会誌, 78, 59–65 (2017)
- 6) 早川和秀ら：湖沼水の TOC 分析について全有機炭素計を用いて精度高く測定する手法の検討、水環境学会誌, 42, 259–267 (2019)
- 7) 厚生労働省健康局水道課：有機物の指標について (TOC の基準値案について), 第 7 回厚生科学審議会生活環境水道部会水質管理専門委員会, 資料 1–4, (2003)
- 8) 福島武彦ら：湖水溶存有機物の紫外外部吸光度：DOC 比の特性とそれの水質管理への利用、水環境学会誌, 20, 397–403 (1997)
- 9) 国立環境研究所：湖沼において増大する難分解性有機物の発生原因と影響評価に関する研究、国立環境研究所特別研究報告 (2001)
- 10) 山梨県環境局：富士五湖の水質測定 21 年 (1971～1991) 報告書 (1993)