

印旛沼における DO 等水質項目の縦断調査

横山智子

1 はじめに

印旛沼では、化学的酸素要求量（以下、COD）の環境基準を達成しておらず、その原因として植物プランクトンによる内部生産が考えられている。しかしながら、印旛沼の COD に寄与する成分については不明な点が多い。H24 年度に富栄養化に関する基礎資料とすることを目的に、印旛沼において縦断調査を行ったところであるが、今回は調査地点数を H24 年度の 5 地点から 15 地点に増やし、分析も全りん（以下、T-P）、全窒素（以下、T-N）など項目を増やしてより詳細に調査を行った。

2 調査方法

2・1 調査日及び調査地点

印旛沼の調査は H27 年 8 月 7 日、10 月 28 日及び H28 年 2 月 22 日に行った。調査地点 (St.) を図 1 に示す。図 1 において、St.1~6 が北印旛沼、St.7,8 が捷水路、St.9~15 が西印旛沼である。

調査地点は、H27 年 8 月 7 日、10 月 28 日は、図 1 に示す全 15 地点であり、H28 年 2 月 22 日は St.2,3,8,9 を除く全 11 地点である。

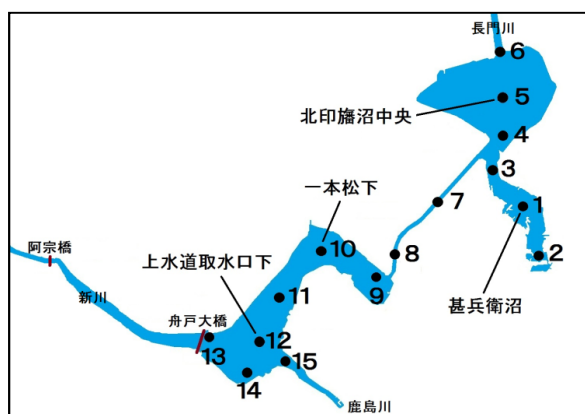


図 1 印旛沼の調査地点

2・2 現場測定項目

調査地点における水質測定項目は、水温、透視度、pH、溶存酸素濃度（以下、DO）である。pH について

は現場簡易測定器により測定した。また、DO については、隔膜型ガルバニ電池式 DO メータを用い、上層（水面下すぐ）と下層の 2 か所で測定した。印旛沼は平均水深 1.7 m と浅い沼であるため、水面下 1 m の地点を下層として測定し、水深が 1 m 未満の地点 (St.2,15) については、水面下 50 cm で測定した。

2・3 分析項目

H27 年 8 月 7 日、10 月 28 日の分析項目は、全有機炭素 (TOC)、COD、T-P、T-N、硝酸態窒素（以下、NO₃-N）、亜硝酸態窒素（以下、NO₂-N）、クロロフィル a（以下、Chl-a）、及び懸濁物質（以下、SS）であり、H28 年 2 月 22 日の分析項目は、TOC、COD、Chl-a、SS である。

また、T-P はモリブデン青吸光光度法、T-N は酸化分解-化学発光法、NO₃-N 及び NO₂-N はイオンクロマトグラフ法、Chl-a は Suzuki and Ishimaru²⁾の方法により測定した。

なお、水質分析は表層水を採取して行った。

3 調査結果

3・1 DO、水温及び pH

DO の測定結果を図 2~4 に示す。DO は夏季 (8 月) や秋季 (10 月) には上層の方が下層よりも高く、上層と下層ではっきりとした差が見られた。一方、冬季 (2 月) には上層と下層の差が見られなかった。DO の上下層の差に着目すると、夏季の上下層の差が最も顕著であり、秋季は夏季よりも差が少なく、冬季にかけて濃度差が解消される傾向にある。また、DO の値に着目すると、大気圧下での飽和溶存酸素濃度は 25℃で 8.11 mg/L であるが、印旛沼の DO は夏季の下層を除くほとんどの地点において、上層、下層ともに 8.11 mg/L を大きく超えており、過飽和状態であった。上層の過飽和は、北印旛沼では秋季に若干低下するが、西印旛沼では年間を通して高かった。印旛沼の DO の過飽和は、プランクトンの光合成の影響が考えられた。

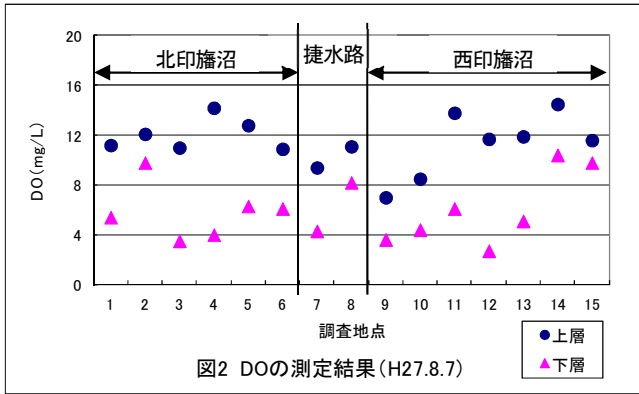


図2 DOの測定結果 (H27.8.7)

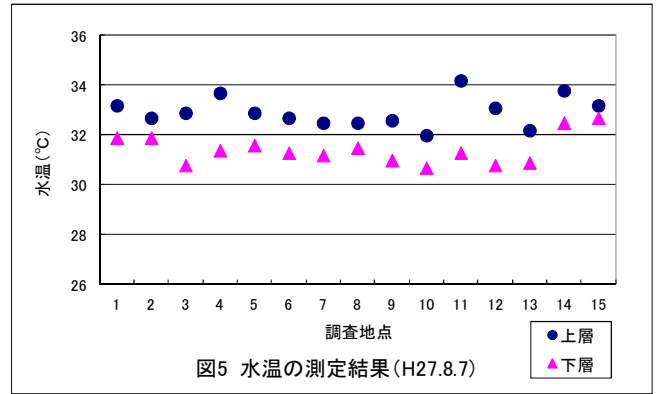


図5 水温の測定結果 (H27.8.7)

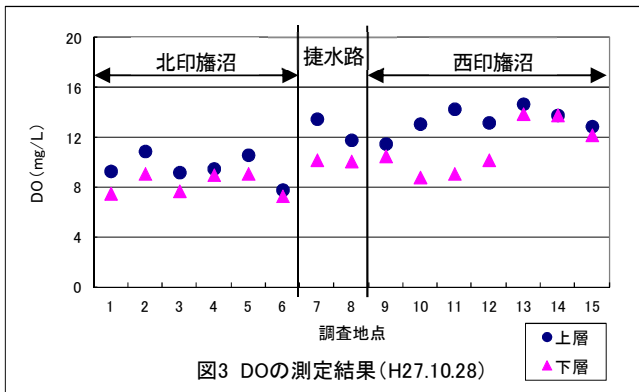


図3 DOの測定結果 (H27.10.28)

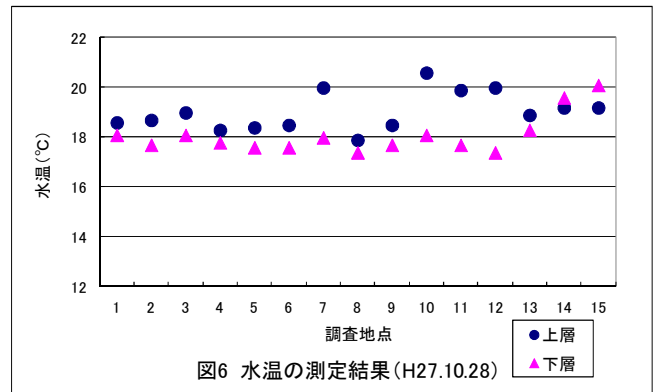


図6 水温の測定結果 (H27.10.28)

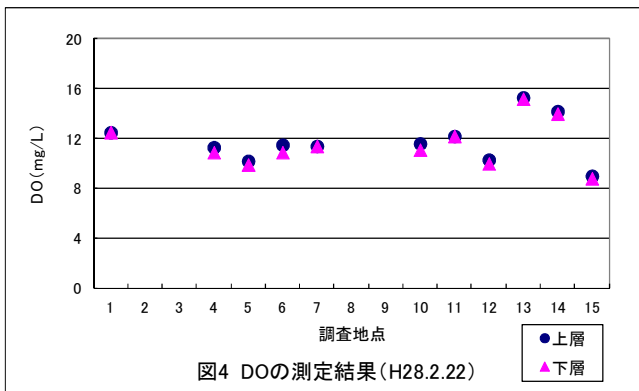


図4 DOの測定結果 (H28.2.22)

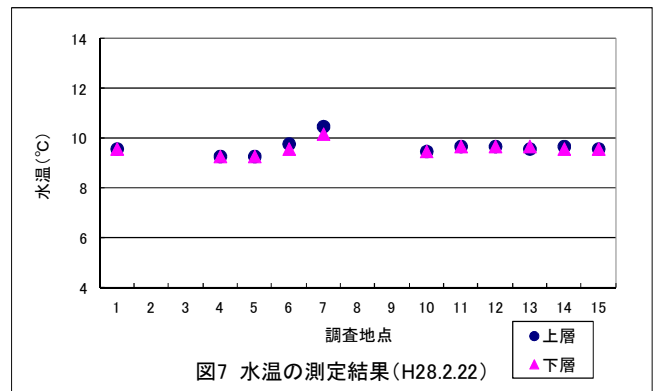


図7 水温の測定結果 (H28.2.22)

水温の測定結果を図 5～7 に示す。水温は季節変化があるため、上下層の差をわかりやすくするために、すべて縦軸を 10℃の幅で記載した。

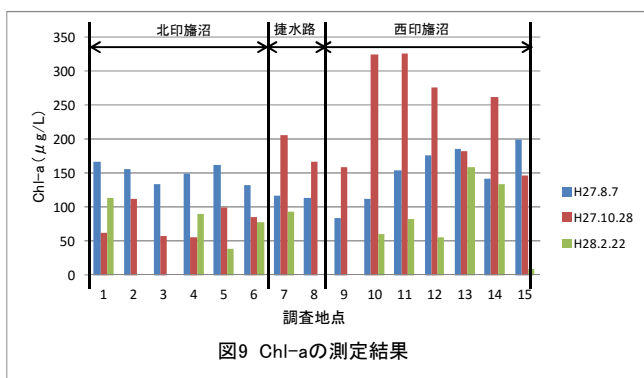
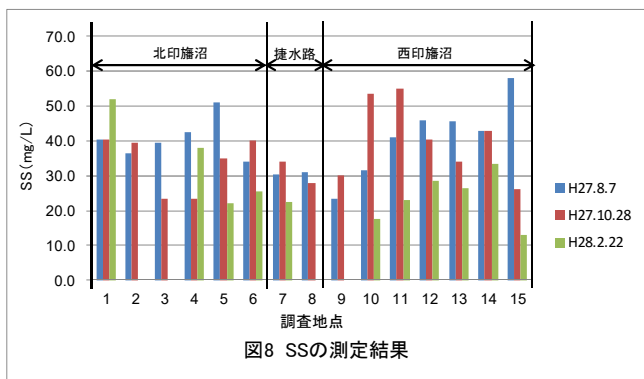
水温も DO と同様に、夏季や秋季に上層の方が下層よりも高く、上層と下層ではっきりとした差が見られた。一方、冬季には上層と下層の差が見られなかった。また、上層の pH は 8 月 7 日が 8.3～9.6、10 月 28 日が 8.8～10.0、2 月 22 日が 7.5～9.0 であった。

DO と水温の結果から、印旛沼では調査日において夏季から秋季には成層状態であったと考えられるが、冬季には混合して成層状態が解消されていると考えられた。

3・2 SS, Chl-a 及び透視度

SS の結果を図 8 に示す。西印旛沼では、夏季から秋季にかけて高く、冬季に低くなっていた。北印旛沼では、冬季に秋季よりも SS が高い地点が見られた。調査日はいずれも平均風速は 2 m/s 程度であり、天候は 8 月 7 日と 10 月 28 日は快晴、2 月 22 日は曇りで前日から当日にかけて降雨はなかった。このため、SS に底泥の巻上げの影響は少ないと思われた。

Chl-a の結果を図 9 に示す。西印旛沼では、10 月 28 日の Chl-a が最も高く、200 $\mu\text{g/L}$ 以上の地点が多くなっていた。また、北印旛沼では 8 月 7 日の Chl-a が最も高くなっており、傾向が異なっていた。



Chl-a と SS の関係を図 10~12 に示す。西印旛沼では、夏季と秋季に高い正の相関関係が認められた。(夏季：相関係数 $R = 0.95$ ($R^2 = 0.91$), 秋季：相関係数 $R = 0.99$ ($R^2 = 0.99$)) この結果と、上述した SS に底泥の巻上げの影響が少ないと思われることから、西印旛沼の SS には少なからずプランクトンの影響があると考えられた。北印旛沼においては、冬季に高い相関関係が認められた (相関係数 $R = 0.91$ ($R^2 = 0.83$)) が、その他の季節では Chl-a と SS の相関関係ははっきりしなかった。このことから、西印旛沼と北印旛沼では傾向が異なる可能性があると思われたが、この点については今後検討していく。

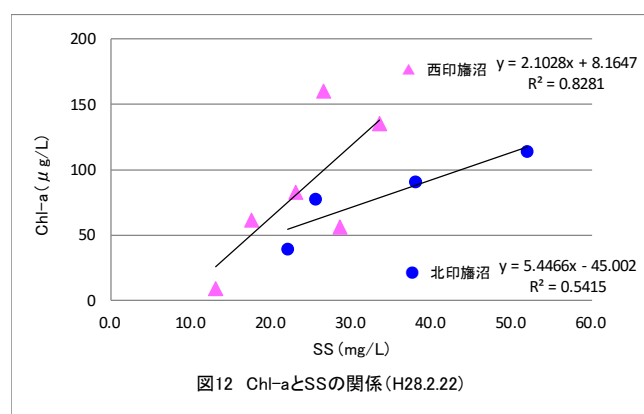
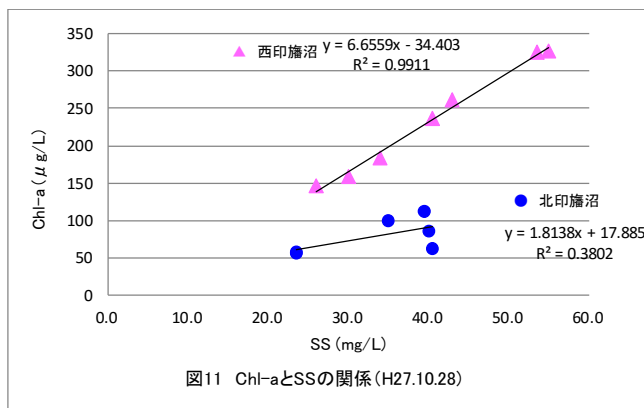
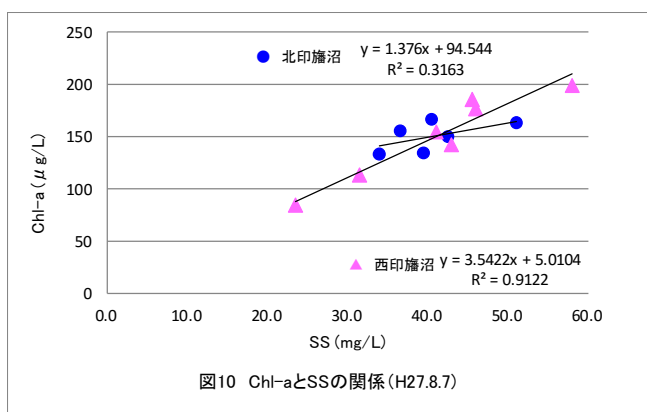
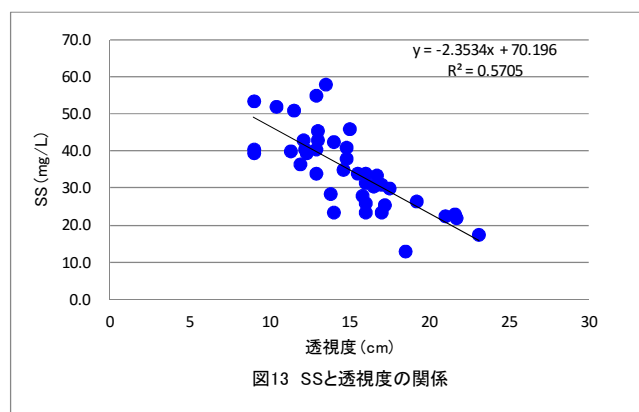
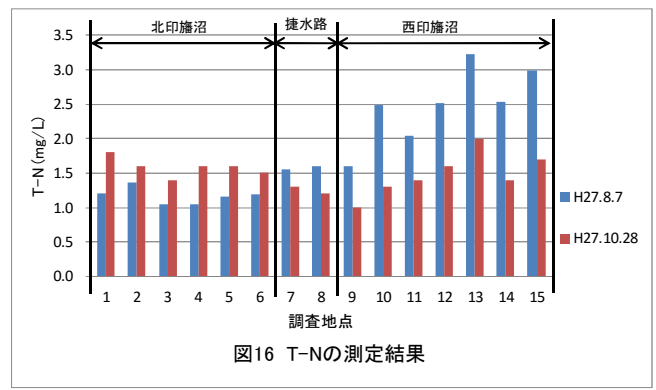
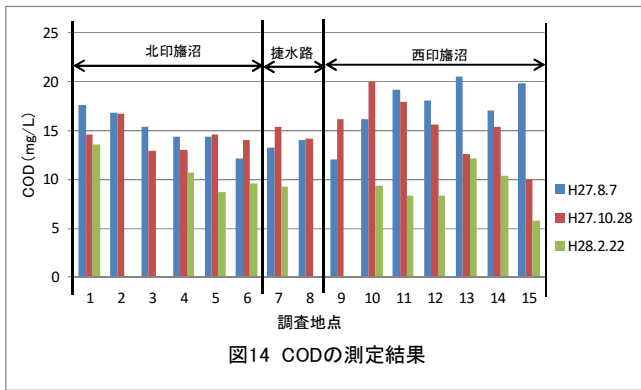


図 13 に SS と透視度の結果を示す。今回の調査結果において、相関係数 $R = 0.75$ ($R^2 = 0.57$) であり、SS と透視度の間には負の相関関係が見られた。

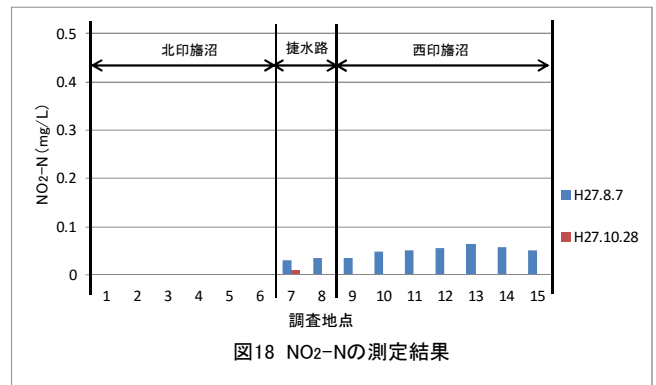
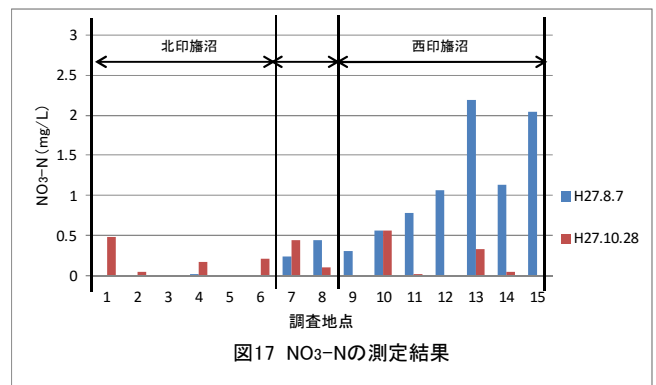
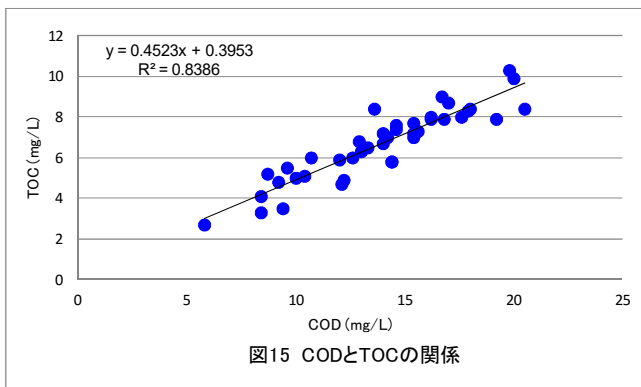


3・3 COD 及び TOC

COD の結果を図 14 に示す。COD の値は夏季、秋季に高く、冬季に低下している。夏季には COD の値が 15 mg/L 以上の地点も多く、St.13 では 20.5 mg/L であった。また、夏季から秋季は西印旛沼のほうが COD の値が高くなっていた。一方、冬季には西印旛沼と北印旛沼の COD にあまり差は見られなかった。



COD と TOC の関係を図 15 に示す。今回の調査において、相関係数 $R=0.92$ ($R^2=0.84$) であり、COD と TOC は高い正の相関関係にあることがわかった。



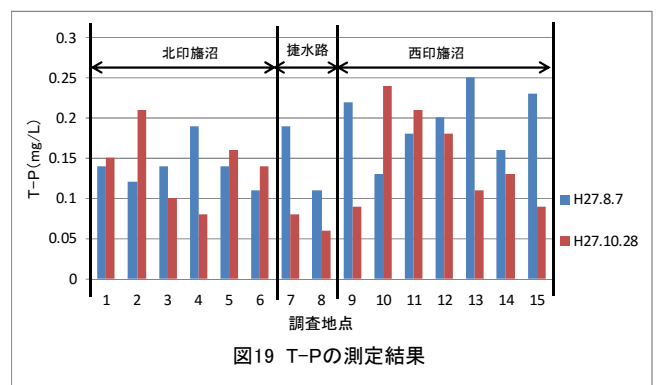
3・4 T-N, NO₃-N, NO₂-N 及び T-P

T-N, NO₃-N, NO₂-N の分析結果をそれぞれ図 16, 図 17, 図 18 に示す。分析は 8 月 7 日と 10 月 28 日の全 15 地点について行ったが、定量下限値 (NO₃-N は 0.03 mg/L, NO₂-N は 0.003 mg/L を定量下限とした) 未達の地点については図示していない。

図 16~18 より、T-N, NO₃-N, NO₂-N とともに北印旛沼より西印旛沼のほうが高く、NO₃-N, NO₂-N は北印旛沼では多くが定量下限値未達であった。

図 19 に T-P の結果を示す。T-P についても北印旛沼より西印旛沼のほうが高くなっていた。

印旛沼の流れは、新川及び鹿島川から西印旛沼に流入し、捷水路を通過して北印旛沼に流れ、長門川から流出する経路が通常の流れである。流入側に近い西印旛沼でプランクトンにより栄養塩が消費されることにより、北印旛沼では栄養塩が枯渇することが考えられる。栄養塩とプランクトンの関係については、冬季の T-N や T-P 測定も含めて今後検討していく。



4 まとめ

印旛沼において、富栄養化に関する基礎資料とすることを目的として、縦断調査を行った。

印旛沼の DO 及び水温の結果では、夏季と秋季には上層と下層に差が見られ、成層状態にあると考えられた。また、DO は 8.11 mg/L を超える過飽和の状態にあり、プランクトンの光合成の影響が考えられた。

調査地点別の SS の結果は、西印旛沼で夏季から秋季にかけて高く、冬季に低くなっていた。また、北印旛沼では冬季に秋季よりも SS が高い地点が見られた。

調査地点別の Chl-a は、秋季の西印旛沼が高く、200 $\mu\text{g/L}$ 以上の地点も多く見られた。一方、北印旛沼では夏季の Chl-a が最も高くなっており、傾向が異なっていた。

Chl-a と SS の関係においては、西印旛沼で、夏季に相関係数 $R=0.95$ 、秋季に $R=0.99$ と夏季から秋季にかけて高い正の相関関係があり、冬季も $R=0.91$ と正の相関関係があることがわかった。一方、北印旛沼では、Chl-a と SS の間の相関関係は見られなかった。

さらに、SS と透視度の間には負の相関関係が見られた。

調査地点別の COD の結果は、SS 及び Chl-a の結果と同様に夏季から秋季にかけて高く、冬季に低くなっていた。また、夏季から秋季にかけて、西印旛沼の COD が北印旛沼に比べて高くなる傾向が見られた。今回の調査において、相関係数 $R=0.92$ で、COD と TOC の間には高い正の相関関係があることがわかった。

T-N, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ はともに北印旛沼より西印旛沼のほうが高く、 $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ は北印旛沼では多くが枯渇していた。T-P についても T-N 同様に北印旛沼より西印旛沼のほうが高くなっていた。

今回の縦断調査は、印旛沼の富栄養化の基礎資料となるものである。今後はこの結果をふまえて、プランクトンの種類や SS と VSS などの関係から、COD 等有機汚濁に影響を与える成分を明らかにし、負荷低減対策を検討していきたい。

謝辞

本調査を実施するにあたり、東京理科大学の二瓶泰雄教授と水理研究室の学生の皆さん、東邦大学の鏡味麻衣子准教授と湖沼生態学研究室の学生の皆さん、パシフィックコンサルタンツ株式会社の東海林太郎氏には大変お世話になりました。ここにお礼申し上げます。

文献

- 1) 横山智子, 藤村葉子 : 印旛沼及び手賀沼における溶存酸素濃度と懸濁物質質量等水質項目の実態調査. 千葉県環境研究センター年報第 12 号 (2012).
- 2) Suzuki and Ishimaru : J.Oceanographical Society of Japan, pp.190-194 (1990).