

湖沼（印旛沼・手賀沼）における有機物質の生成・分解に関する機構解明

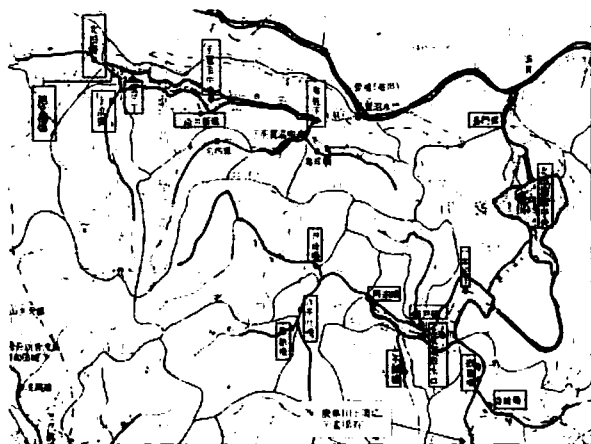
小林廣茂 平間幸雄 小倉久子

1 目的

印旛沼及び手賀沼の湖沼水質保全計画策定の基礎資料とするため、沼水質の有機物質等の詳細な収支を求めることにより、有機物質の生成・分解に関する機構解明の調査を行うことを目的とする。

2 調査および解析方法

平成 18 年 7 月～平成 18 年 12 月（各月 2 回）の印旛沼（上水道取水口下、一本松下、北印旛沼中央、3 地点）手賀沼（根戸下、手賀沼中央、布佐下、3 地点）における、分析項目（水温、SS、pH、D0、化学的酸素要求量（COD）、溶解性 COD、全有機炭素（TOC）、溶解性 TOC、全窒素、溶解性窒素、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素、全りん、溶解性全りん、りん酸性りん、クロロフィル a、プランクトン数、16 項目）の測定を行なった。測定結果（1152 データ）をもとに、データの類似性の尺度としてユークリッド距離によるワード法に基づくクラスター分析により解析を行った。また、より少数の数学的総括変数によって、情報の損失なしに評価が可能な、基準化バリマックス法に基づく主成分分析により解析を行った。さらに、相関図による比較および経月の水質変動の比較により、有機物質の生成・分解に関する機構解明の検討を行った。



3 結果

3・1 クラスタ分析による解析

分析項目データの類似性を見ると、①COD、TOC に関する項目、②プランクトンに関する項目、③窒素およびりんに関する項目に分類され（図 1）、データ群の類似性はほぼ妥当な結果であった。このことから、測定結果（1152 データ）をもとに印旛沼と手賀沼の水質比較をすることとした。

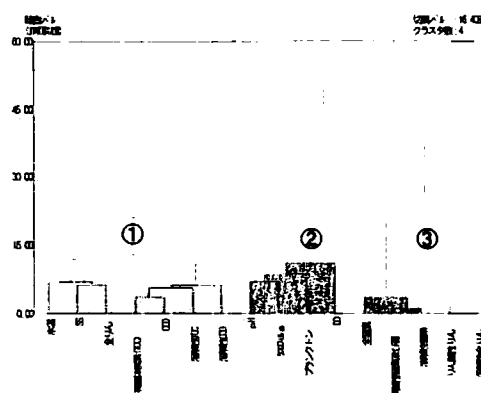


図1 全湖沼(ワード法 ユークリッド距離 16変数)

3・2 主成分分析による解析

累積寄与率を70%で固有値が2以上を対象にまとめると、第一主成分軸～第三主成分軸までで累積寄与率は印旛沼では76.3%（表 1）、手賀沼では72.5%（表 2）と水質評価の大方を表現できると考えられる。湖沼域毎での水質項目の固有ベクトル値より、印旛沼の場合はりん酸性りん、溶解性全りん（因子 2）と全窒素、硝酸性窒素、溶解性窒素（因子 3）及びそれ以外の項目の3グループ軸に分割表示される（表 1）。一方、手賀沼の場合は印旛沼と異なり、りん酸性りん、溶解性全りん（因子 2）と pH、プランクトン（因子 3）及びそれ以外の項目の3グループ軸に分割表示された（表 2）。

表 1

因子負荷量(基準化バリマックス法)(印旛沼.sta)
抽出法:主成分分析

| | 因子1 | 因子2 | 因子3 |
|------------|--------|--------------|---------------|
| 水温 | 0.417 | 0.293 | 0.763 |
| pH | 0.519 | -0.273 | 0.343 |
| DO | -0.140 | -0.402 | -0.267 |
| SS | 0.592 | 0.311 | 0.516 |
| 全窒素 | -0.193 | -0.023 | -0.964 |
| 全りん | 0.721 | 0.393 | 0.293 |
| 硝酸性窒素 | -0.513 | -0.028 | -0.842 |
| りん酸性りん | -0.017 | 0.967 | -0.044 |
| 有機体炭素(TOC) | 0.830 | 0.114 | 0.469 |
| 溶解性TOC | 0.625 | 0.091 | 0.514 |
| P-TOC | 0.854 | 0.111 | 0.298 |
| COD | 0.907 | 0.097 | 0.327 |
| 溶解性COD | 0.810 | 0.126 | 0.349 |
| P-COD | 0.907 | 0.076 | 0.297 |
| 溶解性窒素 | -0.465 | -0.007 | -0.867 |
| 溶解性全りん | 0.261 | 0.854 | 0.184 |
| クロロフィルa | 0.827 | -0.002 | 0.278 |
| プランクトン | 0.444 | -0.015 | 0.060 |
| 固有値 | 6.91 | 2.30 | 4.52 |
| 寄与率 | 38.4% | 12.8% | 25.1% |
| 累積寄与率 | 38.4% | 51.2% | 76.3% |

表 2

因子負荷量(基準化バリマックス法)(手賀沼.sta)
抽出法:主成分分析

| | 因子1 | 因子2 | 因子3 |
|------------|--------|--------------|--------------|
| 水温 | 0.825 | 0.294 | 0.118 |
| pH | -0.058 | -0.470 | 0.788 |
| DO | -0.357 | -0.721 | 0.386 |
| SS | 0.598 | 0.328 | 0.272 |
| 全窒素 | -0.926 | -0.038 | 0.077 |
| 全りん | 0.572 | 0.609 | 0.244 |
| 硝酸性窒素 | -0.930 | -0.104 | -0.049 |
| りん酸性りん | 0.016 | 0.951 | -0.199 |
| 有機体炭素(TOC) | 0.836 | 0.179 | 0.199 |
| 溶解性TOC | 0.897 | 0.101 | 0.082 |
| P-TOC | 0.308 | 0.179 | 0.240 |
| COD | 0.649 | 0.026 | 0.451 |
| 溶解性COD | 0.287 | 0.085 | 0.062 |
| P-COD | 0.638 | -0.022 | 0.532 |
| 溶解性窒素 | -0.922 | -0.076 | -0.084 |
| 溶解性全りん | 0.077 | 0.941 | -0.229 |
| クロロフィルa | 0.617 | -0.253 | 0.593 |
| プランクトン | 0.155 | -0.266 | 0.885 |
| 固有値 | 6.99 | 3.33 | 2.72 |
| 寄与率 | 38.8% | 18.5% | 15.1% |
| 累積寄与率 | 38.8% | 57.4% | 72.5% |

湖沼域毎での水質項目の因子負荷量散布図より、特に、TOC、COD において印旛沼における団塊傾向に対し(図2)、手賀沼におけるCODの縦分散、TOCにおける横分散傾向など大きな違いがあった(図3)。

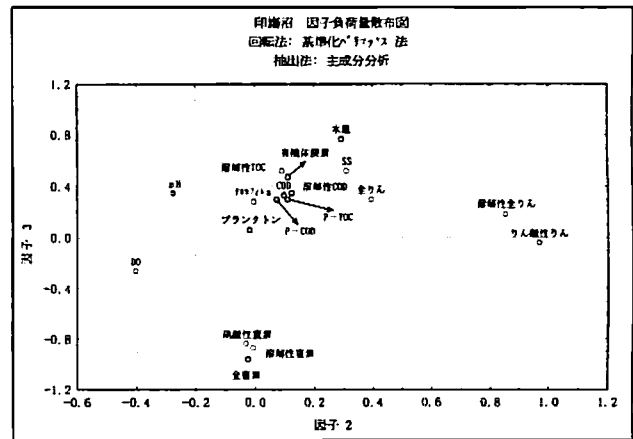


図 2 因子負荷量散布図(印旛沼)

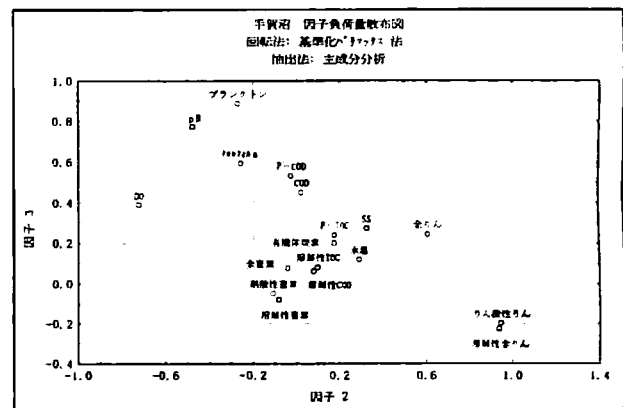


図 3 因子負荷量散布図(手賀沼)

3・3 相関図による比較

TOC と COD の相関において、印旛沼では非常に高く $R^2=0.88$ であり、手賀沼ではやや低く $R^2=0.64$ であった(図4)。さらに、溶解性 COD と溶解性 TOC との相関においては、印旛沼では $R^2=0.73$ に対して、手賀沼では $R^2=0.23$ と相関性は認められないと見ることができる(図5)。このことから、印旛沼と手賀沼では TOC と COD に異なる相関傾向があることが分かる。

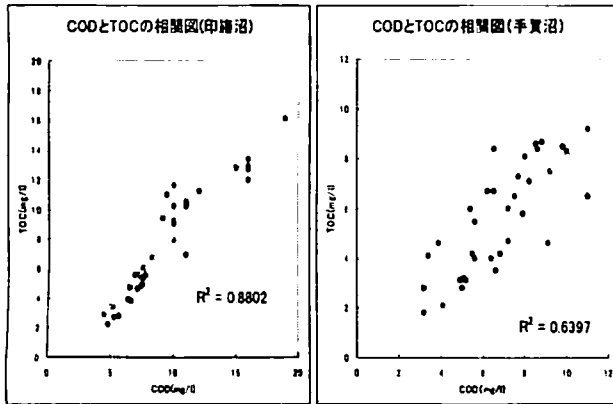


図4 TOCとCODの相関図による比較

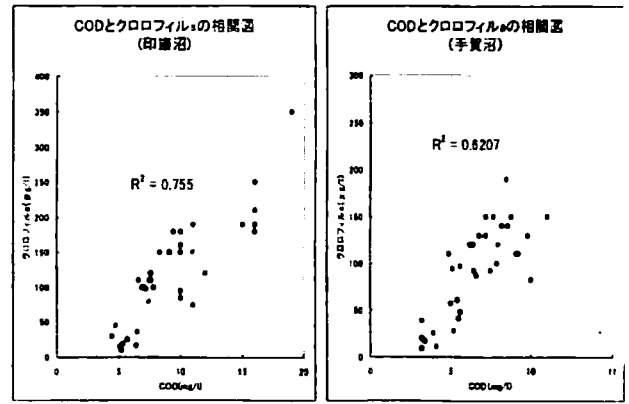


図6 CODとクロロフィルaの相関図による比較

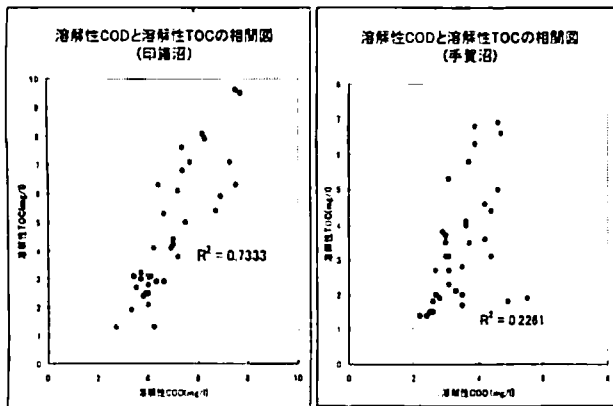


図5 溶解性TOCと溶解性CODの相関図による比較

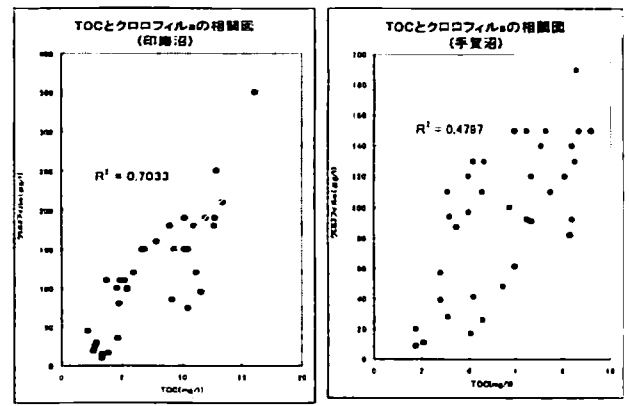


図7 TOCとクロロフィルaの相関図による比較

また、植物プランクトンと関連が強いクロロフィルaとCODおよびTOCとの相関では、クロロフィルaとCODとの相関では印旛沼は $R^2=0.75$ であり、手賀沼は $R^2=0.64$ であった(図6)。一方クロロフィルaとTOCとの相関では、印旛沼は $R^2=0.70$ に対して、手賀沼は $R^2=0.48$ と低い相関性であった(図7)。このことから、印旛沼と手賀沼ではクロロフィルaとTOCに異なる相関傾向があることが分かる。

3・4 経月の水質変動の比較

TOC経月の水質変動における印旛沼では夏から初秋(9月)にピークが認められ、冬季に向け減少傾向が見られるが、手賀沼では印旛沼で見られたピークは認められず、漸減傾向にある(図8)。この傾向は、溶解性TOCの場合も同様である(図9)。

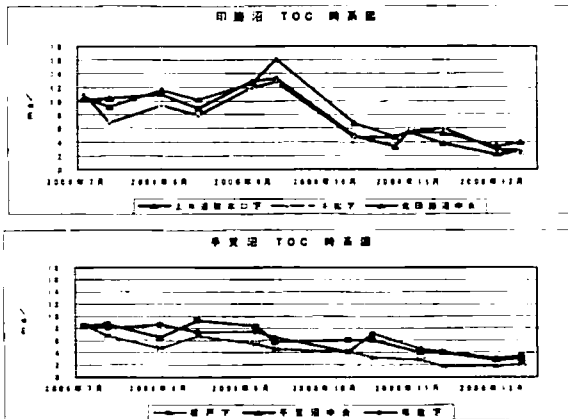


図8 TOCの経月の水質変動の比較

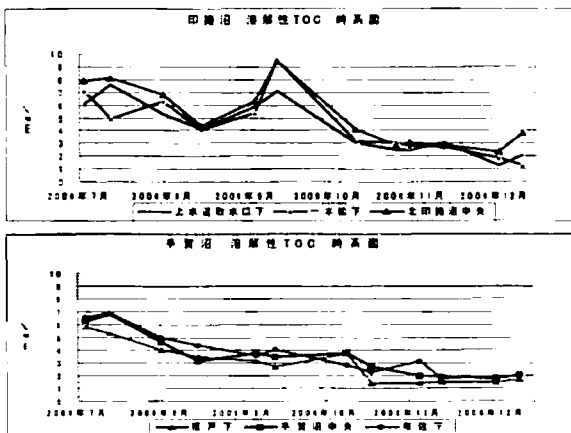


図9 溶解性TOCの経月の水質変動の比較

りん酸性りん経月の水質変動における印旛沼では、夏季～冬季に向けてほぼフラットに対し、手賀沼においては、初秋にピークを持ち夏季～冬季に向けて漸減傾向である(図10)。

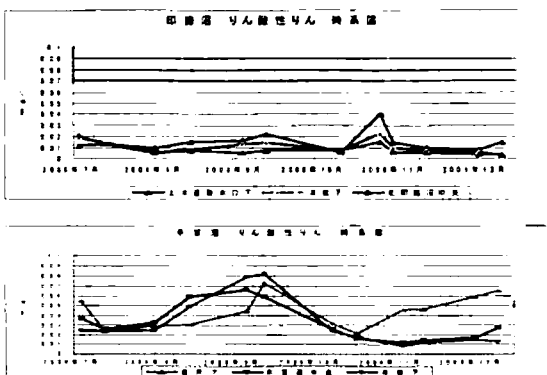


図10 りん酸性りんの経月の水質変動の比較

4 考察

現段階では単年度の半年分のデータのみでの解析および考察になるが、主成分分析における、TOC、CODは印旛沼における団塊傾向に対し、手賀沼におけるCODの縦分散、TOCにおける横分散傾向など大きな違いがあり、相関図による比較においても、TOCとCOD及びクロロフィルaとTOCとの間に印旛沼と手賀沼において異なる相関傾向が見られた。このことから、今後の調査として引き続きCOD項目及びTOC項目双方の測定を行うことが、湖沼での有機物質の生成分解の過程を明らかにする上で必要となるものと考えられる。また、水質の経月的傾向は、印旛沼では夏季に植物プランクトン等の増殖に伴う水質の変動の特徴を示していた。一方、手賀沼においては夏季におけるTOC値の平坦傾向に見られるように、より流動性に富む湖沼、いわゆる擬似河川化の特徴を強く示していると考えられる。さらに、夏季におけるりん系水質の濃度が上昇するなど、流域の人為的利用状況に影響を受けている湖沼だと示唆され、北千葉導水との関連を調査する必要があると思われる。

謝辞

本研究の実施にあたり、千葉工業大学の瀧和夫教授のご指導をいただきました。ここに厚く御礼申し上げます。

委託業務名

平成18年度湖沼水質保全計画策定支援調査
(環境省 水・大気環境局水環境課委託業務)