

印旛沼における水質汚濁状態の変遷

中央大学大学院
水資源機構

学生員 ○香川 有紀
正会員 工藤 勝弘

中央大学大学院
中央大学理工学部

学生員 柴田 直俊
正会員 山田 正

1.はじめに: 図-1 に印旛沼流域全図を示す. 千葉県北西部に位置する印旛沼は, 千葉県民の貴重な飲料水, 農業用水, 工業用水の水がめとして利用されると共に, 内水面漁業及び憩いの場としてかけがえのない財産になっている. しかし, 昭和の時代から続く流域の急激な都市化の影響により水質汚濁が進行し, 湖沼水質保全特別措置法に基づく指定湖沼の指定を受けるに至った. 水質の現状は COD 年平均值で環境基準の約 4 倍という値を示し, 全窒素, 全リンにおいても環境基準を大幅に上回っており, 水道水源としては全国ワースト 1 である. 更に, 水生生物の減少や魚類の種類の変化, 富栄養化が進み, アオコが顕在化するなど, 湖沼環境も年々悪化している. 図-2, 図-3 に示されるように 印旛沼は新川水域, 西印旛沼水域, 北印旛沼水域の大きく 3 つの水域に分けることができる. 印旛沼放水路(新川)は平水時は印旛沼方向に流れるが, 洪水時は大和田排水機場(新川上にある)の運転により逆方向の花見川, 東京湾へと流れる. また, 長門川は酒直機場と印旛水門, 酒直水門によって利根川と印旛沼を結ぶ揚・排両用の河川として使用されており, 一般の湖沼流入河川と大きく異なる順逆の水移動が可能な河川である. しかし, 年間の平均的な流れ方向は新川水域から西印旛沼水域, 北印旛沼水域を経て利根川に注ぐという流れ方向になっている. 本研究はそれぞれの水域における過去の水質変化を総括すると共に, 各水域における藻類の生産に着目し, 印旛沼における水質形成について考察するものである.



図-1 印旛沼流域全図

(印旛沼の流域面積は千葉県の約 1 割にあたる広さを持ち, 7 市 6 町 2 村にまたがっている)

2.水質汚濁状況: 図-4 に新川水域, 西印旛沼水域, 北印旛沼水域の各水域のそれぞれの代表的な水質観測地点である阿宗橋梁, 上水取水口, 北部調整池における 1988~2000 年の 13 年間の COD の時系列を示した. 各観測地点の位置は図-2 に示す新川水域における COD の年平均值は 1988 年から 1993 年にかけては年間 8.0mg/L 前後を示しているがその後は 11.0mg/L 前後に増加している. 西印旛沼水域においては 1988 年から 1992 年にかけて COD が減少し, その後 1996 年まで再び増加し, また徐々に減少しつつあるという傾向を示している. 北印旛沼水域における COD は 1994 年 8 月に特に高い値を示している. それ以外は値のばらつきが多いが, 1996 年以前よりも以降のほうが平均的な値がやや高いことがわかる. 各水域共に経年変化, 季節変化に特徴は見られなかった.

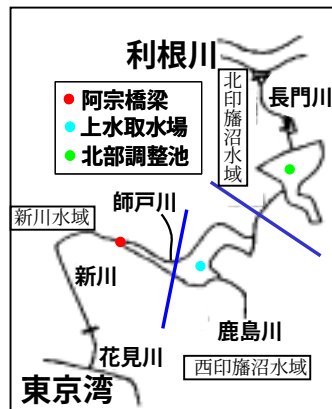


図-2 3つに分けられた水域

新川水域と西印旛沼水域の境界は師戸川が流入する東側, 西印旛沼水域と北印旛沼水域の境界は西印旛沼と北印旛沼をつなぐ捷水路である

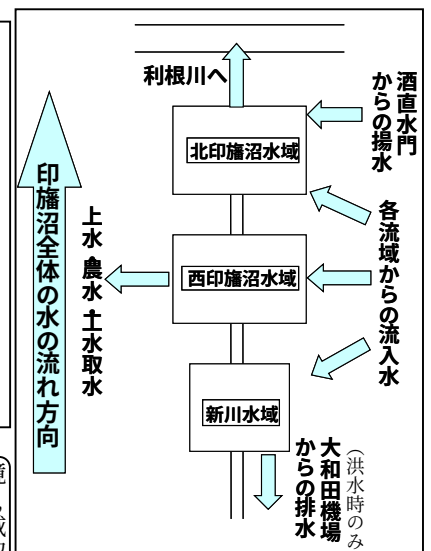


図-3 印旛沼の模式図

(各水域に流入出する水の流れを簡略化して表したもの)

いずれの水域もまた, COD とクロロフィル a の関係を見ると図-5 に示すとおり, 印旛沼の COD は各水域ともクロロフィル a 濃度との相関が高く, 沼内での藻類生産に大きく影響されていることが考えられる.

3.藻類の生産: 表-1 に各水域ごとの物質収支から求めた藻類の年間生産量を推定値を示す. これは総流入量とクロロフィル a 濃度の実測値より, 式(1)を用いて計算したものである. 藻類の年間生産量は各水域内の年間平均クロロフィル a 濃度を, 流入出量にかけて水質フラックスとし, 流出したフラックスから流入するフラックスを引いたものとする. これらの関係式は式(1)で表される.

$$P = (Q_{out} - Q_{in}) \times C \quad (1)$$

ここで, $P(mg)$: 生産された COD, $Q_{out}, Q_{in}(m^3)$: 流出量, 流入量, $C(\mu g/L)$: クロロフィル a 濃度とする. 各水域への流入水量は, 印旛沼の総流入量を表-1 の流域面積に基づいて比例配分する方法で求め, 印旛沼の取水量, 排水量及び揚水量については水資源機構の施設年報によった. 更に, 藻類の生産量を推定するにあたっては図-2 に示す水質観測地点において観測されたクロロフィル a 濃度の年間平均値をその水域における平均的な藻類濃度として仮定した. なお, 降水や河川からの流入水中のクロロフィル a 濃度は 0 として扱った. 表-1 より, 13 年間の平均生産量の合計の約 30 パーセントが新川水域, 約 59 パーセントが西印旛沼水域, 約 11 パーセントが来た印旛沼水域で生産

キーワード: 印旛沼, COD, 全窒素, 全リン

連絡先: 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学大学院理工学研究科 TEL03-3817-1805 FAX03-3817-1803

されていることから、印旛沼全体では西印旛沼水域でクロロフィル a がより多く生産されていることがわかる。更に北印旛沼水域は藻類の生産率は低いが濃度は高い。これは西印旛沼水域の水が流入してきたことの影響と考えられる。

4. 滞留時間: 藻類の現存量は、沼内におけるクロロフィル a の増殖の他、死滅、沈降、動物プランクトンによる捕食といった諸現象によって決定されるが、それぞれの反応がどれだけ進むかはそれぞれの反応速度と時間によって制限される。そこで新川水域、西印旛沼水域、北印旛沼水域の年間平均滞留時間を式(2)より算出した。

$$T = V / \Sigma Q \times 365 \quad (2)$$

ここで、 $T(day)$: 滞留時間、 $V(m^3)$: 貯留量、 $Q(m^3)$: 各水域への流入量

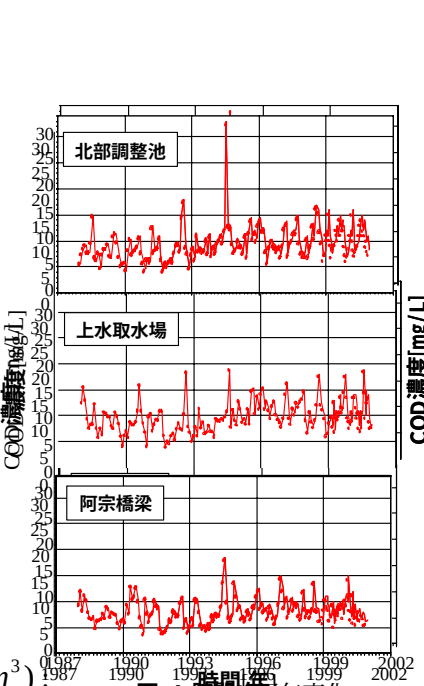


図-4 時間(年)別年変化

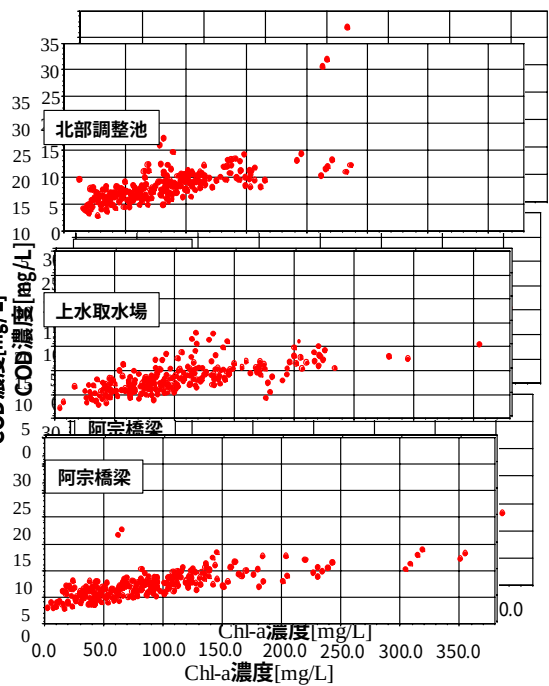


図-5 COD と Chl-a の関係

〔各水域共に COD と Chl-a の相関性が認められる〕

表-1 各ブロックにおける Chl-a 濃度と生産量

水域名		新川水域		西印旛沼水域		北印旛沼水域		印旛沼全域
流域面積比		0.320		0.522		0.158		1
貯留量 (10 ⁸ m ³)		25.18		86.72		85.30		197.20
総流入量(10 ³ m ³)		濃度(μg/L)	生産量(t)	濃度(μg/L)	生産量(t)	濃度(μg/L)	生産量(t)	合計生産量 (t)
1988 年	440222	76.42	10.24	129.30	36.55	53.67	-4.25	42.54
1989 年	493316	72.04	11.37	122.58	38.89	78.04	-0.14	50.12
1990 年	398860	105.88	13.51	88.71	16.29	52.92	1.53	31.33
1991 年	649636	68.79	14.30	72.29	24.83	47.92	1.29	40.42
1992 年	466998	72.54	10.61	78.08	19.40	76.17	5.68	35.69
1993 年	446951	59.00	8.44	69.75	17.58	83.38	7.92	33.94
1994 年	366344	83.42	9.78	113.38	24.88	99.67	7.32	41.98
1995 年	359738	109.33	12.59	128.38	26.07	95.17	8.15	46.81
1996 年	365164	101.33	11.84	141.33	30.36	107.50	10.59	52.79
1997 年	301634	142.29	13.73	126.58	19.22	94.67	4.51	37.46
1998 年	385207	184.50	22.74	133.50	21.22	104.83	5.56	49.52
1999 年	358411	112.00	12.85	90.00	15.11	94.27	7.36	35.32
2000 年	348726	108.33	12.09	144.67	29.69	100.50	7.08	48.86
13 年平均	413939	99.68	12.62	110.66	24.62	83.75	4.82	42.06

とする。表-1の水域貯留量及び流入量を用いて式(2)より算出された印旛沼の滞留時間は、新川水域までで約7日、西印旛沼水域までで約12日、印旛沼全体で約17日である。印旛沼全域における平均滞留時間は日単位であり、琵琶湖や霞ヶ浦と比較するとかなり短時間で水が入れ替わっていることから、流入水量が大きくなり、更に滞留時間が短い場合には藻類の増殖が追いつかず低下するものと考えられる。しかし滞留時間が長い場合には藻類の増殖がピークを過ぎ、減少傾向を示す。北印旛沼水域で藻類の生産量が低いことも、滞留時間が長いことが原因であると考えられる。

5. まとめ: 本研究によって得られた所見を以下にまとめる。(1)印旛沼のCODは季節変化、経年変化による特徴はなく、クロロフィルaの増加に寄与し、藻類生産に大きく影響されている。(2)藻類生産はクロロフィルaの増殖、死滅、沈降、捕食といった諸現象によって決定されるが、それぞれの反応速度と時間によって決定される。つまり各水域での滞留時間によって決定される。(3)藻類生産には滞留時間の他に栄養塩による増殖が考えられる。そのため、本研究のクロロフィルa同様、栄養塩である全窒素や全リンの収支について考察していくことが必要である。

謝辞: 本研究を行うに際し、独立行政法人水資源機構より貴重なデータを提供していただいた。ここに記して謝辞とする。

参考文献: 1)水資源機構報告書、第 90408 号、工藤勝弘、小林利久:平成 2 年度湖沼における水質汚濁機構、1991.3.2)水資源機構試験研修センター報告書、第 99405 号、水環境研究室編:ダム貯水池の水質、2000.3.3)図-1について:千葉県印旛沼流域水循環化健全化会議http://www.pref.chiba.jp/syozoku/i_kasen/inbanuma/01.htmlより出典。
4)図-2について:<http://homepage2.nifty.com/usui-postoffice/sub5.htm>より出典。