利根川からの導水を利用した印旛沼の水質改善効果に関する研究

日本大学大学院理工学研究科　学生会員　○大関　祐次郎
日本大学理工学部　正会員　宮本　守
日本大学理工学部　正会員　吉川　勝秀

1. はじめに

利根川水系の印旛沼流域は、540ｋ㎡の面積と 73 万人の人口を擁している流域である。近年、印旛沼流域は市街化に伴い水循環機構が大きく変化し、印旛沼の水質が悪化した。本研究では、印旛沼の現地観測データをもとに富栄養化項目値が上昇した主要因を示し、対策案として利根川水系の手賀沼で行れた利根川からの導水を印旛沼でも検討し、著者らが構築した生態系項目を含んだ 2 次元流動解析モデルを用いて、効果の検証と考察を行った。

2. 印旛沼流域の変遷と沼の水質悪化要因について

1）流域の変遷

印旛沼は１つの湖沼であったが昭和 38 年に『印旛沼総合開発計画』がスタートしたことによって、２つの湖沼になり水位一定操作を行い、その結果、沼の形状は大きく変化した(図－1)。

また流域内では人口が急増し、昭和 40 年代では人口は約 30 万人であった人口が、平成 12 年では 70 万人に増加した。それに伴い市街地も 4.4 倍に増加した。

2）印旛沼の水質悪化要因について

沼の干拓工事によって沼の形状が変化し、水位一定操作が行われるようになった。このため、かつては一定方向に流れていた湖沼は機場の操作によって上下流が入れ替わるようになり、沼の滞留時間の増加を引き起こした。

また、図－２は印旛沼流域内の小河川流域の市街地の割合と面積あたりの負荷流出量の関係を示した図である。市街化が進んだ流域は汚濁負荷流出が顕著であることがわかる。つまり市街地の増加が原因となり、印旛沼に流入する汚濁負荷量が増加し、印旛沼の富栄養化項目の値に寄与した可能性が高い。

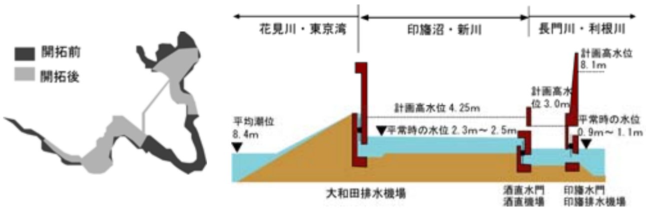
3. 水質改善案の検討

1）改善案の提案

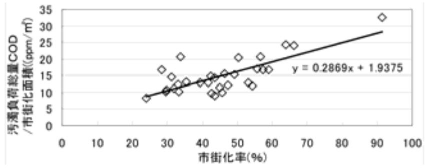
印旛沼の水質悪化要因は沼の滞留化と市街化による負荷量の増加が挙げられ、改善案としては流動化による沼の滞留時間の短縮化と市街化率の高い新川からの流出を抑えることが挙げられる。具体的な対策案として、利根川放水路計画を利用した導水による希釈・流動化が挙げられる。

2）利根川と印旛沼の水質の比較

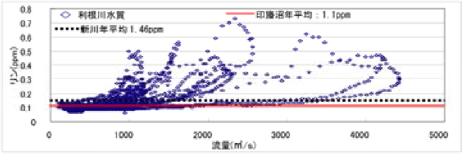
導水の水質改善効果を検討するために、利根川と印旛沼の水質と利根川と、定常時の流入河川である新川の水質の比較を行った(図－３，４，５)。



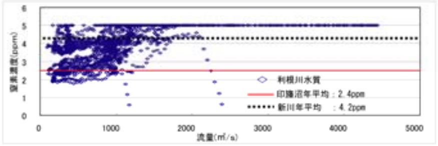
図－1干拓による沼の形状変化と水位操作の概略図



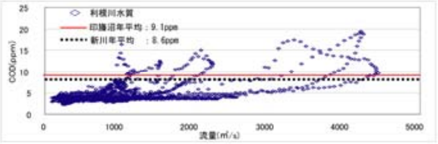
図－2市街化率と汚濁負荷量の関係



図－3利根川における洪水時のリンの実測値と流量の関係(布川地点)



図－4利根川における洪水時の窒素の実測値と流量の関係(布川地点)



図－5利根川における洪水時の COD の実測値と流量の関係(布川地点)

印旛沼に比べ利根川のＣＯＤは低いがリン・窒素の値は高いことがわかる。このことから印旛沼において植物性プランクトンが増殖したことが推察される。また、新川のＣＯＤ・リン・窒素は利根川に比べて高い値を示している。

3）完全混合モデルによる簡易的な検証

導水による希釈の効果を検証するため効果の推定を行った。利根川からポンプを用いて可能な流量である 20 ㎥/s の放流量で、利根川の年平均 COD である 4.5ppm を１週間の期間放流し続けた時の総放流量が同時に印旛沼に流入し、入れ替わると仮定すると対策試行前は 10.0ppm であったＣＯＤ

キーワード　印旛沼，導水，富栄養化，アオコ
連絡先　〒274－0063　千葉県船橋市習志野台 7－24－1－737　日本大学理工学部水環境システム研究室　047(469)5228

は8.0ppm まで減少した。2.0ppm 減少しており、希釈による効果は高いと推察される。

4. 生態系モデルによる検討

導水の改善案には希釈効果と共に流動化によるアオコ抑制効果が考えられるため、生態系項目を含んだ解析モデルを用いてアオコ抑制効果について検証を行った。

1)モデルの概要および検証

モデルの種類は図－６(左)のような生態系モデルを含んだ平面２次元解析ソフトのＭＩＫＥ２１を使用した。モデル式の流れに関しては連続の定理と運動量方程式を用い、物質輸送に関しては移拡散流方程式を用いた。生態系項目については主なものとして以下の式を用いた。

$$CH = prch - dech - \sec h \qquad (1)$$

$$prch = myci \times prpc \qquad (2)$$

$$dech = CH / PC \times depc + qrpc \qquad (3)$$

$$\sec h = CH / PC \times sepc \qquad (4)$$

ここに、CH:クロロフィルα， $prch$:クロロフィルαの発生量， $dech$：クロロフィルαの死 滅量， $\sec h$:クロロフィルαの沈下量， $myci$:光による葉緑素生産係 数，CH/PC：植物性プランクトン量 のクロロフィルα濃度，$depc$:植物性プランクトンの死滅 量，$qrpc$：植物性プランクトン の捕食量，$sepc$:植物性プランクトンの 沈下量である。

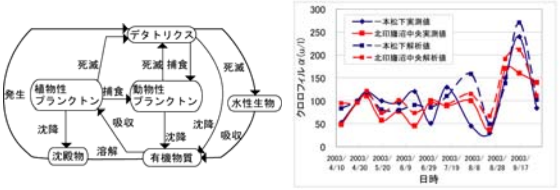
モデルに代入する値は実測値およびそれから算出したデータを用いた。また、パラメータは文献値から算出したものを基に感度分析を行い、実測値を基に調整を行った。主要なパラメータを表－１に示す。

図－６(右)は解析モデルの検証結果である。2003 年のクロロフィルαの値が急増し始める前と８月の中旬から急激に増加し始め、９月中旬に低下し始める定性的な挙動が再現できた。

2)導水量の違いによる検討

生態系モデルを用いて同条件で利根川からの導水量を変化させ、クロロフィルαの発生量の比較を行った。

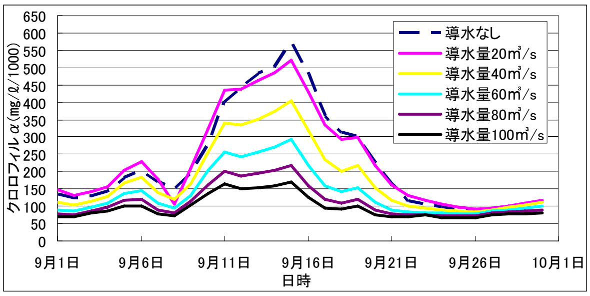
図－７は導水量の違いによるクロロフィルαの量を時系列で示したものである。導水量が増加するほどクロロフィルαの発生量が減少していることがわかる。このことから導水はアオコ発生抑制効果があると考えられる。しかし、導水量が少ないときは、局部的に導水なしの場合よりもクロロフィルα値が大きくなることがある。また、図ー8 の各図は導水量異なるときのクロロフィルα発生分布図である。20 ㎥/s 導水量のときの北沼と導水なしの西沼のクロロフィルαの値がほぼ同じになる。このことは湖沼に流入してきたリン・窒素が印旛沼において流速等が変化し、アオコ(植物性プランクトン)が増殖する環境が整い流下するまでに増殖が起こるからであると考えられる。沼全体でみて効果を出すためには 20 ㎥/s 以上であれば導水量は効果的な手法であるということがモデルから確認できた。



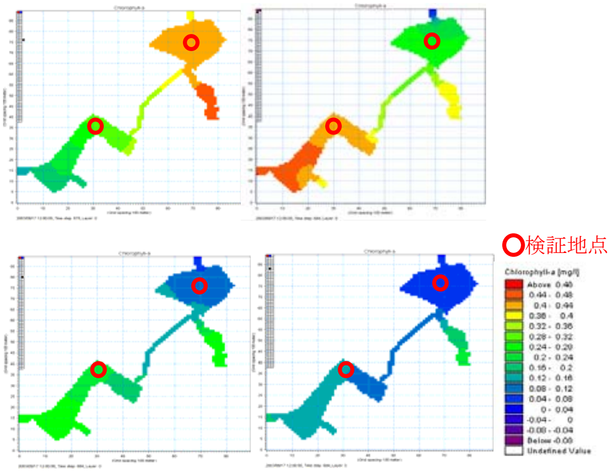
図－6モデルの概念と検証結果

表－1クロロフィルαに関する主要なパラメータ

最大比増殖速度	珪藻	1	(1/day)
	その他	1.5	(1/day)
植物性プランクトンの自己死亡定数		0.2	(1/day)
植物性プランクトンの捕食速度		0.1	(1/day)
窒素濃度に関する影響変数	窒素の吸収の半飽和定数	0.4	g(N)/㎥
	植物性プランクトンの細胞内リンの濃度	0.07	g(N)/g(c)
リン濃度に関する影響変数	リンの吸収の半飽和定数	0.4	g(P)/㎥
	植物性プランクトンの細胞内窒素の濃度	0.002	g(P)/g(c)



図－7導水量の違いによるアオコ発生量の変化(検証地点平均)



図－8導水量の違いによるクロロフィルαの発生量(左上:導量:なし・右上:導水量 20 ㎥/S 左下:導水量:60 ㎥/S 右下:導水量 100 ㎥/S　平成 15 年 9 月 19 日)

5. 結論

印旛沼の水質悪化要因として、昭和 40 年から平成８年の間で、市街地が約３倍に増加したことによる汚濁負荷量の増加や、干拓による沼の形状が変化し滞留化したことが挙げられる。本研究ではこれらの問題点に対しての改善手法として、利根川からの導水による希釈・流動化の効果を検証した。

導水のシミュレーションより、導水量が少量の場合は、水質が対策前よりも悪化する可能性があるが、導水量が増加するほどクロロフィルαの総量が少なくなる結果が得られた。

参考文献

１）土木学会水理委員会；水理公式集，土木学会　1999．11
２）吉川勝秀：人・川・大地と環境，技報堂出版，2003.02.25
３）千葉県：平成 18 年度水循環健全化会議資料