

水生植物を用いた水域浄化効率に関する一考察

野口 正人* ・ 吉田 光**

白川 純子*** ・ 牟田 耕平**

Study on the Purification Efficiency of Water
by Aquatic Plants

by

Masato NOGUCHI*, Hikaru YOSHIDA**

Junko SHIRAKAWA*** and Kohei MUTA**

In order to attain the sound and sustainable water environment, it becomes important to reduce the pollutant runoff rates, especially from the nonpoint sources. Of course, accomplishment of sewerage system helps to attain the above purpose. At the same time, it is well known that there are some problems, such as CSO that is the Combined Sewer Overflow, financial restriction for treatment of stormwater, and so on. From these reasons, removal of pollutants by constructed wetland becomes to be interested, recently.

In this paper, treatment efficiency of pollutants such as nutrients by constructed wetland has first been discussed referring to the some examples. Next, the velocity constant of treatment has been investigated, correlated to the flow rate of wastewater into the wetland and the hydraulic retention time in the facility. Finally, purification efficiency of water by the constructed wetland has been evaluated, carrying out the field observation by a facility in the Nagasaki University.

1. はじめに

最近、流域における自然的・社会的活動に伴い水域での水質汚濁が顕著になってきた。そのため、公共下水道や流域下水道の整備が進められている。しかしながら、合流式下水道では合流式下水の越流問題、いわゆるCSO (Combined Sewer Overflow) の問題が、また、分流式下水道では財政的制約により雨水に対して十分な水処理ができないといった問題等が存在している。そのため、水域での水質を真に良くするためには、降雨時に流域から水域に未処理で放出される汚濁物質に適切に対処する必要がある。

上述されたことは、より上質の水環境整備を目指す

際に避けて通ることができない問題になっている。そのため、合流式下水道が敷設されている大都市では、“合流改善対策”の実施が早急に求められている。また、分流式下水道が敷設された世界の先進的諸都市においては、降雨時の非点源汚濁負荷流出を如何にして削減するかが大きな課題になっている。

以上のことから、本論では、水生植物を用いて汚濁負荷流出抑制を行おうとの観点から、水生植物の水域浄化機能について定量的評価を試みた。

2. 水生植物を用いた水域浄化

以前から、水生植物の水域浄化作用については良く

平成14年4月18日受理

* 社会開発工学科 (Department of Civil Engineering)

** 大学院生産科学研究科博士前期課程環境システム工学専攻

(Graduate student, Department of Environmental Systems Engineering)

***宇部市役所 (Ube City)

知られていたが、とくに最近では、人工湿地 (constructed wetland) をも含めた湿地の有用性が言われ始めた。そのため、非点源汚濁負荷流出抑制を進める上でも、水生植物の水域浄化作用を定量的に評価し、今後の人工湿地の設計指針に役立てることが求められている。

上述されたことから本論では、水生植物を用いて水域浄化が試みられた事例を参考にして、後述される分解速度定数の定量的評価を行った。ここでは、二三の事例を取り上げて、水生植物により水域浄化を試みた実際例について紹介する。

(1) 水元公園 (東京都葛飾区)

東京都葛飾区にある水元公園では、大場川、中川の水質浄化を目指して小合溜で水生植物を用いた水域浄化を行っている¹⁾ (写真1)。本論で資料整理に用いられたデータは、参考論文からの引用であるが、それが契機で著者の一人は二度にわたり現地視察を行った。その際に提供された資料の詳しい検討は、今後引き続き行われるが、いずれにしても小合溜の外溜めに植栽されたヨシ、スイレン、コウホネ、ハス、ホテイアオイ等が自然と調和した良好な水環境を形成している。バードサンクチュアリーでの鳥たちの営みや、外溜めや内溜めの水辺で憩う都民の姿を目のあたりにすれば、理化学的水質指標だけでは評価することができない効果があることは明らかである。今後は、この種の水環境整備の事例が増加するであろうが、それとともにより清澄な水質の形成が望まれている。

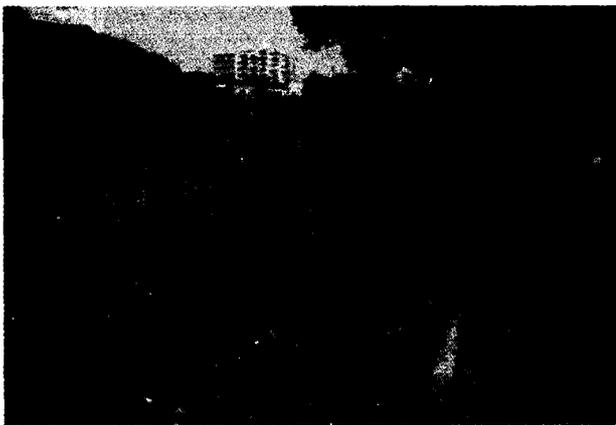


写真1 水元公園の小合溜 (外溜め)

(2) 諫早湾干拓地 (長崎県諫早市)

種々の理由で、諫早湾干拓事業は試練に曝されている。とりわけ、自然環境への配慮から干拓地の計画変更を余儀なくされ、東工区の干拓が取り止められる状況になった。そのため、従来の干拓地ではヨシ植栽に

よる水域浄化が試みられている。もっとも、このような計画変更は2001年12月の時点で決められたことであり、実際的な施行は未だされていない。本論で資料整理に用いたデータは、長崎県衛生公害研究所で実施された水質浄化実験により得られたものである。

(3) その他の事例

茨城県土浦市は霞ヶ浦の畔に立地しており、流域からの汚濁負荷流出抑制に取り組んでいる。また、建設省 (現在の国土交通省) ではビオパーク事業を進めている。これらについては、今後資料を入手して、水生植物の水質浄化作用の定量的評価に役立てていきたい。

ところで、河川管理においても環境整備の重要性は比重を増しており、今年度 (2000年度) からは自然再生事業にも取り組まれた。九州では五ヶ瀬川水系北川の支川である友内川等が対象になっているが、一方では北川のオグラコウホネの保護が話題になるなどしている²⁾ (写真2)。貴重な水生植物の存在を脅かすことなく、良好な水域の達成が望まれる。写真3は、地域住民に親しまれていることから、現地での保存が検討されている長崎県佐世保市の池でのホテイアオイ



写真2 オグラコウホネの群生 (宮崎県北川)



写真3 ホテイアオイの開花状況 (長崎県相浦川)



写真4 フェンスで隔絶された水辺

の開花状況を示している。

いずれにしても、湿地の役割は単に水質浄化に貢献するだけでなく、とくに都市部では、残された数少ない自然との触れ合いの場でもある。そのようなことから、水域を"危険個所"として隔離することは常々、議論になるところである。写真4は大阪の衛星都市で撮影されたものである。水域ならびにそこに棲む生態系の保護と、水辺の親水利用は時として両立が難しいが、そのようなことが問題にならない社会を作っていくことが重要であることは言うまでもない。

3. 分解速度定数の検討

人工湿地には、表面流れ方式、浸透流れ方式という2つの方式がある。水生植物が水質浄化にどの程度作用するかは、それらの方式や植生密度等の違いにより異なってくることは明らかである。そこで、水生植物の水質浄化効率を評価するために、以下のような分解速度定数： k を用いることにした。

湿地での汚濁物質の分解除去が、一次反応に従うものとして、湿地内の流れが押し出し流れ (plug flow) により支配されるとすれば、

$$\frac{dC}{dt} = -k'C \quad (1)$$

より、 $C = C_{in}e^{-kt}$ となり、湿地での滞留時間： $t_{det} = h/HLR$ を使って、次式が求められる¹⁾。

$$C_{out} = C_{in}e^{-k t_{det}} = C_{in}e^{-kHLR} \quad (2)$$

ここに、 C_{out} 、 C_{in} はそれぞれ、流出水、流入水の濃度であり、 h は滞水部の平均水深、 HLR は面積負荷速度である。(2)式から、流入水濃度と流出水濃度の比、ならびに、滞留時間を用いて各湿地での分解速度定数： k を計算することができる。

$$k = HLR \cdot \ln\left(\frac{C_{in}}{C_{out}}\right) \quad (3)$$

また、面積負荷速度は以下のようにも計算できる。

$$HLR = \frac{Q}{A} \quad (4)$$

ここに、 Q は流量、 A は表面積である。

分解速度定数はその場の浄化能力を表すパラメータであり、面積負荷速度はかけられている負荷を表している。流入水の汚濁濃度が流出側でどの程度低下しているかは、これらの二つの値に関係していることは明らかである。

4. ヨシ植栽水路での水質浄化実験

長崎大学構内の平面水槽にヨシ植栽水路を設置し、

2001年11月12日から水質浄化実験を行った(写真5, 参照)。使用したヨシは、本明川(長崎県諫早市)の下流のヨシ原より、10月1日、9日の2日間に渡って採取したものである。ヨシは順調に育ち、新しく発芽もした。実験では、湿地ということを前提として、流量を0.6(l/min)とした。流入水は水道水に肥料を混ぜたものを使用し、ポンプで自動的に循環させた。採水は、11月12日から20日までは12時と18時に、21日と22日は3時間毎に、流入側と流出側で行い、T-PとBODの計測を行った。

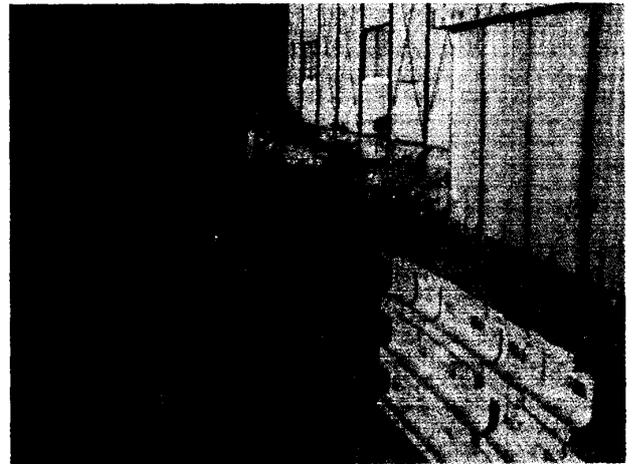


写真5 ヨシを用いた植栽実験

前述されたように、植物の水質浄化能力を活用した水域浄化手法は各地で採られ始めている。とくに、ヨシについては様々な要因により多くの研究がされている。本論では、その中から、茨城県八郷町³⁾、茨城県土浦市³⁾、長崎県諫早湾干拓地⁴⁾、東京都水元公園⁵⁾のデータを取り上げ、横軸に面積負荷速度、縦軸に流入水濃度と流出水濃度の比の対数を取り、分解速度定数をパラメータにとって検討を行った。

図-1に、全データに対するT-Pの分解速度定数を示す。土浦市では、土壌濾床、川砂濾床について実験を行っており、その結果、土壌濾床の方が良い除去効率

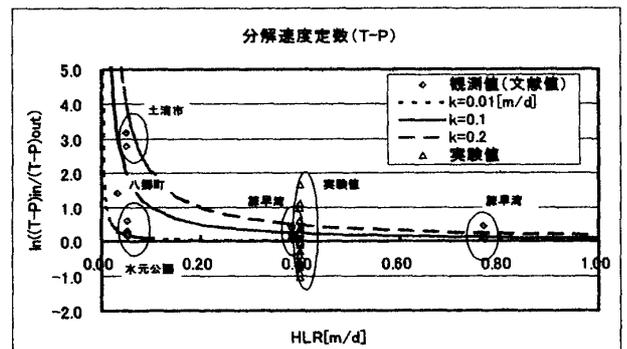


図1 T-Pの分解速度定数

が得られている。これは、BODについても同様の結果が得られており、土壌濾床は川砂濾床より濾過効果が強いいため、このような違いが生じたと思われる。図-1における諫早湾のデータでは、夏季のシュロガヤツリが良い除去効率を示している。また、図-2には、キシウブに対する分解速度定数の季節的変化が示されている。2000年(H12)の値が夏季と冬季とで異なっていることは、分解速度定数の特性を考えれば容易に理解できる。一方、1999年(H11)の夏季の値は2000年(H12)の値に比較して大きくないが、これは両者の植生密度が違っているためである。上述されたことは、水域の浄化能力を表す分解速度定数が種々の因子に支配されていることを示している。

図-3には、長崎大学でのヨシ植栽水路での実験結果が、T-Pについて示されている。流入水と流出水との比較を容易にするために、同図中には水路内での遅れ時間を考慮して求められた汚濁除去率も併記されている。15日12時の分解速度定数が負の値になった理由としては、14日に降雨があったことが上げられる。これらの分解速度定数の値は図-1に示されているが、他の観測値と類似の値が得られている。実際に分解速度定数の値を定量的に評価するためには、ヨシの活性度や植栽密度などが考慮されねばならないことは当然のことである。

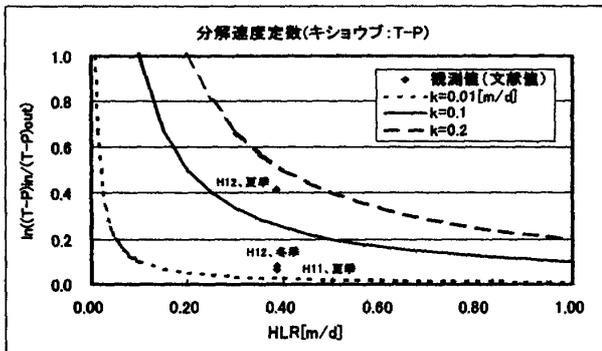


図2 T-Pの分解速度定数(キシウブ)

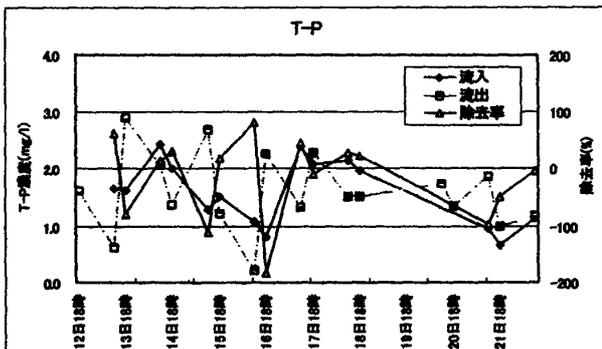


図3 ヨシ植栽水路での実験結果

5. おわりに

流域からの汚濁負荷流出抑制方策として、今後益々、湿地の役割が見直されることが予想される。そのため、効果的な人工湿地を設計するためにも、水生植物の水域浄化効率を定量的に評価しておくことが必要である。上述されたことから実際の事例を取り上げ、分解速度定数を求めることにより、水生植物の水域浄化効率を定量的に評価した。これより、水生植物の種類や植栽密度、活性度の違い等により、結果が大きく異なることが示された。

今回は、11月中旬に水質浄化実験を開始したため、気温も低く、必ずしも好ましい実験結果は得られなかった。今後は、対象とする汚濁物質の質量保存式における生成項を、水生植物の植栽密度や活性度と関連させて評価することを考えている。

最後に、資料収集等では東京都葛飾区役所や土浦市の職員の方々に、また、ヨシの採取では国土交通省長崎工事事務所の職員の方々に多大なるご支援を頂戴した。ここに記して、関係各位に深甚の謝意を表します。

参考文献

- 1) 葛飾区環境部環境課(2002):葛飾区環境白書。
- 2) 南谷忠志(2002):北川町の小川 コウホネ群生日本一、宮崎日日新聞の記事(2002年3月27日付)。
- 3) 稲森悠平編著(1998):生活排水対策,産業用水調査会, pp.303-310。
- 4) 農林水産省(2001):第8回諫早湾干拓調整池等水質調査委員会資料。
- 5) 田畑真佐子,他(1996):ヨシ植栽水路における河川水中の窒素・リンの除去効果,水環境学会誌,第19巻,第4号, pp.331-338。