

水生植物を伴った河道における水質変化の解明に関する研究

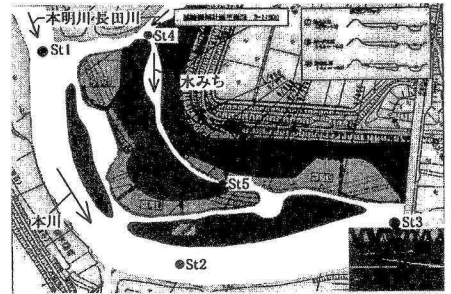
長崎大学工学部 学生員 ○高橋悠一郎 長崎大学大学院 学生員 田中正浩
 長崎大学工学部 フェロー 野口正人 長崎大学工学部 正会員 川池健司

1.はじめに

長崎県本明川下流部の長田地区において自然再生事業の一環として、ヨシ原を植生した試験施工が行われている。流域から河川に流入する汚濁負荷物質を制御するために、植物を利用した方法が注目されている。一般的にヨシは無機態塩を吸収し、ヨシ原内では流速の低下から有機体塩の沈降を促進すると言われている。しかし、河道におけるヨシ原などの水生植物による水質変化機構は非常に複雑で、植生の効果による水質への影響は非常に小さいものと容易に想像でき、植生の効果のみを定量的に評価するのは非常に困難である。本研究では、長崎県本明川長田地区を対象として、汚濁負荷物質の移動が如何になされているのかを、非構造格子モデル¹⁾による数値解析を行い、解析結果を観測結果と比較検討して、植生が関わる影響を評価した上で、対象地域内の物質輸送の評価について考察する。

2.長田地区と現地観測の概要

長崎県唯一の一級河川である本明川は、諫早湾の締切干拓事業の進展により環境が大きく変化し、生態系も塩水性のものから淡水性のものへ移行していった。しかしながら、従来の自然的環境を持続・発展させていくために、ヨシ原などを育成し、豊かな生物が棲める水環境を実現していくことが計画されている。その試験施工地区である長田地区は河口からの追加距離が 0.8~1.05km の区域で、本明川と長田川の合流地点に位置する。現地での観測は 2003 年 9 月 22 日と同年 12 月 15 日に行った。9 月 22 日と 12 月 15 日の両日も、観測日前に雨は降っていなかったため、雨による水質への影響は無いものと考えられる。【図 1】には当該区域の地図²⁾に、採水を行った観測地点を示す。本川では St1、St2 の 2ヶ所、水みちで St4、St5 の 2ヶ所、下流部で St3 の 1ヶ所、計 5ヶ所の観測値を得た。



【図 1】 長田地区平面図

3.数値解析に用いる基礎方程式

対象地域の流況解析に用いた基礎方程式は、下に示す連続方程式と運動方程式である。また、汚濁負荷物質の移動に関して対象とした汚濁負荷物質は全窒素であり、解析する際には有機態窒素と無機態窒素とに分けて考えた。それぞれの物質の移動に関する方程式として以下の基礎方程式を用いた。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} + \frac{\partial(vh)}{\partial y} = 0 \quad \dots(1) \quad H: \text{水位}, u, v: xy \text{ 軸方向の断面平均流速}$$

$$\frac{\partial uh}{\partial t} + u \frac{\partial uh}{\partial x} + v \frac{\partial uh}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - gn^2 \frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/2}} u \quad \dots(2) \quad h: \text{水深}, g: \text{重力加速度}, n: \text{Manning の粗度係数}$$

$$\frac{\partial vh}{\partial t} + u \frac{\partial vh}{\partial x} + v \frac{\partial vh}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - gn^2 \frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/2}} v \quad \dots(3) \quad C_{ON}: \text{有機態窒素の濃度}, C_{IN}: \text{無機態窒素の濃度}$$

$$\frac{\partial C_{ON} h}{\partial t} + \frac{\partial C_{ON} uh}{\partial x} + \frac{\partial C_{ON} vh}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x h \frac{\partial C_{ON}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y h \frac{\partial C_{ON}}{\partial y} \right) - w_0 \cdot C_{ON} - k_0 \cdot C_{ON} \quad \dots(4) \quad S_N: \text{無機態窒素の溶出速度}$$

$$\frac{\partial C_{IN} h}{\partial t} + \frac{\partial C_{IN} uh}{\partial x} + \frac{\partial C_{IN} vh}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x h \frac{\partial C_{IN}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y h \frac{\partial C_{IN}}{\partial y} \right) + S_N \cdot \theta^{(T-20)} + k_0 \cdot C_{ON} \quad \dots(5) \quad \theta: \text{温度定数}, T: \text{水温}$$

$k_0: \text{有機態窒素の分解速度}$

上式により、非構造格子モデルを用いて数値解析を行った。非構造格子とは、形状や配置に規則性を持たない解析格子のことで、格子を河道や中洲に合わせて区切ることで、対象区域の特徴を捉えた解析が可能となる。

4.数値解析の結果と考察

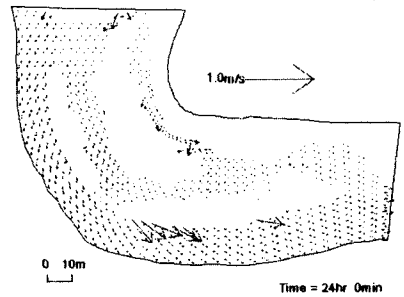
数値解析を行うにあたり、流量は $1.2(\text{m}^3/\text{s})$ を、汚濁負荷物質については、観測値から得られた値を上流端から与えた。【図2】には数値解析による長田地区の速度の計算結果を示す。前節で述べたように、本研究では移流・拡散項のほかには有機態窒素では沈降を考え、無機態窒素では底泥からの溶出を考慮した。また、有機態窒素の分解に関しては、今回の解析では考慮しなかった。ここでは、沈降速度と溶出速度の値はそれぞれ、 $w_0=5.79 \times 10^{-6}(\text{m}/\text{sec})$ 、 $S_{IN}=5.79 \times 10^{-4}(\text{mg}/\text{m}^2/\text{sec})$ と定めて数値解析を行った。どちらの値も文献値のものを参考とした。【図3】、【図4】には9月と12月の観測結果を元に、数値解析を行い、有機態窒素と無機態窒素の濃度の分布を表した。【図5】、【図6】は計算結果と観測結果を比較したものである。9月、12月の本川での無機態窒素に関しては良好な結果が得られた。水みちでの無機態窒素の値については、9月、12月ともに同じような挙動を示す結果となった。12月の結果が9月の結果に比べ高い値を示したのは、水温の低下に伴うヨシ・植物プランクトンの活性度の低下によるものと推測できる。また、観測を行なった際、水みちでの流れは非常に緩やかであったが、解析結果では、流速は本川に比べて速くなる部分が見られた。この影響により、水みちでの有機態窒素の濃度の変化が少なく、本来沈降が促進されるべき区間であるにもかかわらず、沈降の影響が小さくなってしまった。12月の本川での有機態窒素に関しては、大体傾向はつかめたが、9月の本川中間部での有機態窒素が、図のような減少傾向になった理由は不明である。全体的に、無機態窒素に関しては、大体の傾向をつかむことができた。また本川においては、移流・拡散による影響が大部分を占めることがわかった。水みちにおいては、今後はヨシによる吸収・沈降に着目した形での生成項を評価していかなければならない。

【図3】、【図4】には9月と12月の観測結果を元に、数値解析を行い、有機態窒素と無機態窒素の濃度の分布を表した。【図5】、【図6】は計算結果と観測結果を比較したものである。9月、12月の本川での無機態窒素に関しては良好な結果が得られた。水みちでの無機態窒素の値については、9月、12月ともに同じような挙動を示す結果となった。12月の結果が9月の結果に比べ高い値を示したのは、水温の低下に伴うヨシ・植物プランクトンの活性度の低下によるものと推測できる。また、観測を行なった際、水みちでの流れは非常に緩やかであったが、解析結果では、流速は本川に比べて速くなる部分が見られた。この影響により、水みちでの有機態窒素の濃度の変化が少なく、本来沈降が促進されるべき区間であるにもかかわらず、沈降の影響が小さくなってしまった。12月の本川での有機態窒素に関しては、大体傾向はつかめたが、9月の本川中間部での有機態窒素が、図のような減少傾向になった理由は不明である。全体的に、無機態窒素に関しては、大体の傾向をつかむことができた。また本川においては、移流・拡散による影響が大部分を占めることがわかった。水みちにおいては、今後はヨシによる吸収・沈降に着目した形での生成項を評価していかなければならない。

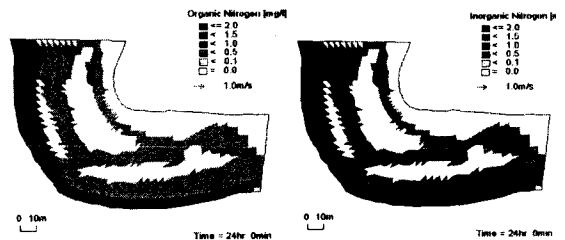
5.おわりに

本研究では、水生植物が繁茂している河道において物質の移動がどのようになされているのかを非構造格子を用いて数値的に解析をした。今後は、さらに細かく生成項を検討した上で、植生による水質変化機構の解明を行なっていきたい。本研究を進めるにあたって、本明川長田地区ウェットランド施工区域の資料提供、観測支援等々でお世話になった国土交通省九州地方整備局長崎河川国道事務所の関係各位に深甚なる謝意を表します。

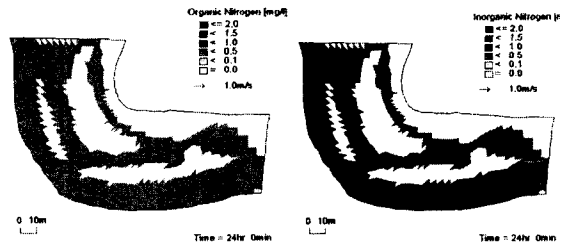
(参考文献) 1) 川池健司：都市における氾濫解析法とその耐水性評価への応用に関する研究、京都大学学位論文、2001。 2) 国土交通省九州地方整備局長崎河川国道事務所：試験掘削平面図 (S=1:500)、2001。



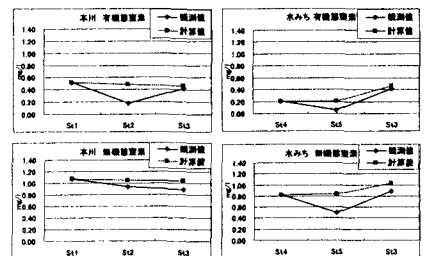
【図2】長田地区の流況



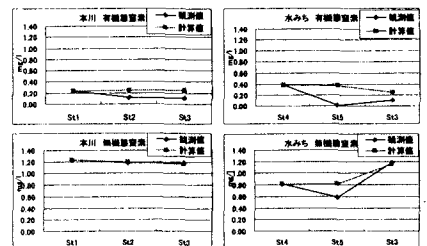
【図3】9月22日計算結果



【図4】12月15日計算結果



【図5】9月22日 計算結果と観測結果の比較



【図6】12月15日 計算結果と観測結果の比較