

堆積物に着目した降雨時における都市域での非点源汚濁負荷流出解析

長崎大学大学院 学生会員 古江雅和 佐世保市役所 正会員 淵上雄作
 レオパレス 21 非会員 龍 健太 長崎市役所 正会員 森尾宣紀
 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

近年、急速な都市開発に伴い、都市域では様々な問題が発生している。その問題の原因の一つに降雨時の非点源汚濁が挙げられる。従来、流出汚濁量を求めるにあたって流れにより輸送される汚濁に対して保存式が考えられても流域に蓄積した汚濁に対して同時に保存式を考慮することは稀であった。本研究では表面流と流域での汚濁の両方で基礎方程式を立て、非点源汚濁負荷流出解析を試みた。

2. 非点源汚濁負荷流出解析 基礎方程式

非点源汚濁負荷流出量を適切に見積もるためには表面流と同様に流域に堆積した汚濁に対しても基礎方程式を解く。一次元流れで考えるとそれぞれの汚濁に対して保存式は以下のように表すことができる。

$$\frac{\partial Ch}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\zeta CUh) = q^{(s)} + q^{(b)} - \xi w_0 C \quad (1)$$

$$\frac{\partial \sigma h_p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\zeta \sigma v_p h_p) = -q^{(b)} + \xi w_0 C \quad (2)$$

ここに、 C ；汚濁濃度、 U ；速度成分、 h ；水深、 ζ ；汚濁輸送量に対する補正係数であり $q^{(s)}$ と $q^{(b)}$ は表面、底面、それぞれからの単位面積、単位時間あたりの汚濁負荷横流入量である。さらに、 w_0 ；沈降速度、 ξ ；補正係数、 σ ；堆積汚濁物質の密度、 h_p ；堆積層の厚さである。通常、式(2)の左辺第二項は小さいものとして無視できる。

また、式(1)と式(2)は表面流、堆積汚濁の層、それぞれにおける汚濁の基礎方程式になっている。これらの式を解くために $q^{(b)}$ にあたる汚濁の剥離係数は適切に見積もらなければならない。こういった理由から剥離されにくさという考えを堆積汚濁に対して適用した。鉛直方向に剥離されにくさ、すなわち $h_a(y, t)$ を想定し、以下の式で評価した。

$$h_a(y, t) = h_{a, \infty} + (h_{a, s}(t) - h_{a, \infty}) \cdot e^{-\alpha y} \quad (3)$$

ここに y 軸は上方向が正である。さらに、 $h_{a, s}(t)$ と、

$h_{a, \infty}$ はそれぞれ、現在、ならびに、堆積厚さが十分の大きさのときの剥離されにくさを表している。それを図-1に示す。ここに、表面の剥離されにくさは堆積汚濁に関係し、逐次に変化するものとした。

流域に堆積した汚濁が降雨により剥離し、輸送される量が雨水流の大きさとともに流域の状態に影響されることは容易に推察できる。汚濁を剥離するエネルギーは本来的には雨水流により作用する底面せん断応力で求められるべきであるが、流量に比例するものとした。また、剥離量は上述の剥離されにくさの関数として計算される。すなわち、これらのエネルギーを等しく置けば次式が求められる。

$$\gamma_1 Q(t) = \gamma_2 \int_{-d(t)}^0 h_a(y, t) dy \quad (4)$$

ここに、 $Q(t)$ ；流量、 $d(t)$ ；単位時間当たりの堆積層の減少厚さ、 γ_1 、 γ_2 ；比例係数である。式(4)の右辺に式(3)を代入し、最終的に減少厚さ $d(t)$ を求めることができる。これに、流域面積(A)を乗じることで、単位時間当たりに流域から剥離される汚濁負荷量； $L(t)$ が求められる。汚濁濃度； $C(t)$ は以下のように計算することができる。

$$C(t) = L(t) / Q(t) \quad (5)$$

3. 出島川流域の概要

研究対象流域である出島川は長崎市の都心部に位置

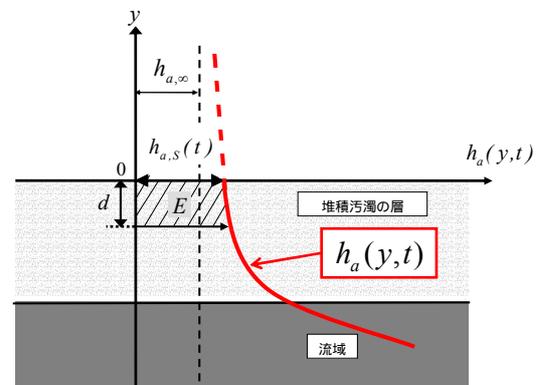


図-1 堆積汚濁の剥離されにくさ(概念図)

キーワード； 非点源汚濁，現地観測，数値モデル，都市域，降雨時

連絡先：長崎大学工学部社会開発工学科 古江雅和 〒852-8521 長崎県長崎市文教町 1-14

E-Mail furue@stu.civil.nagasaki-u.ac.jp TEL 095-819-2626

する都市河川である．図-2 に示すように流域全体の大きさ 37.37ha のうち，大きく 2 つの地域(上流部，下流部)に分けられ，上流部 (24.11ha) は，急な斜面に家屋が密集し，自然流下区域となっている．下流部(13.26ha) は自然流下区域とポンプ排水区域(内 2.2ha)からなっている．図-2 に示すように流域全体を網状の雨水排水路があり，流域全体の分流式下水道整備率はほぼ 100% である．しかし，流出口での水質悪化や悪臭など様々な問題を抱えていて，水質改善は急務となっている．

4. 観測ならびに数値解析の結果と考察

非点源汚濁負荷流出量を精度よく定量的に評価するには降雨の影響を含めた時間的，空間的な水質変化を考えなければならない．今回，降雨時における出島川での水質観測は水質指標 BOD，COD，T-N，T-P，SS の 5 種類に対して 2003 年 7 月から 2004 年 8 月にかけて幾度か行われた¹⁾．ここでは閉鎖性水域において影響の高い全窒素(T-N)を取り上げる．観測結果は図-3，図-4 に 2004 年 2 月 22 日，2004 年 8 月 18 日のものをそれぞれ示している．

降雨形態を見ると 図-3 では初期に強い降雨があり，その後雨は弱まっていく．図-4 に関しては 4.5mm/5min という短時間にかなり強い雨が観測されている．総降雨量はそれぞれ 6.7mm，22.5mm である．これらのデータを用い，降雨による流出量と T-N 負荷量を数値モデルを用いて予測した．図-3，図-4 とともに観測結果と計算結果を同時に示している．ここに流量の時間的な変化は的確に予測されている．T-N 負荷量においても概形は一致していることが見て取れる．しかし，厳密なことをいえば，汚濁流出の最初のピークに対する T-N 負荷流出量の予測精度がいくらか悪い．これは計算初期の汚濁堆積量が必ずしも正確に見積もられていないことに起因するものと思われる．無降雨時の汚濁流出量の計算をも長期にわたり行えば，予測精度は向上するものと考えている．

6. おわりに

良好な水環境を保つためには，特に降雨時の汚濁負荷流出量を削減することが重要である．今回，都市域である出島川流域において降雨時における非点源汚濁からの T-N 負荷流出量の時間変化を，堆積物の質量保存式を解くことにより予測した．今後は他の汚濁物質に対しても検討するとともに，各種の土地利用がなされた流域を対象にして汚濁流出解析を行う必要がある．

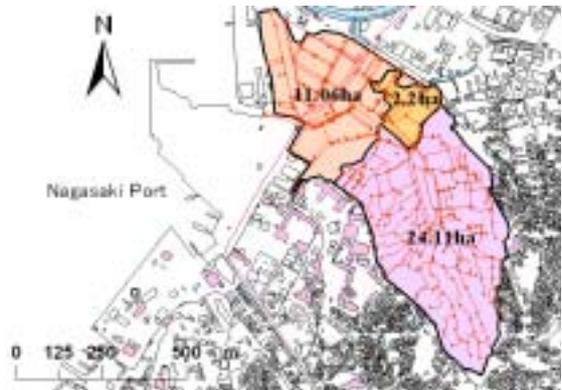


図-2 出島川流域の水路網

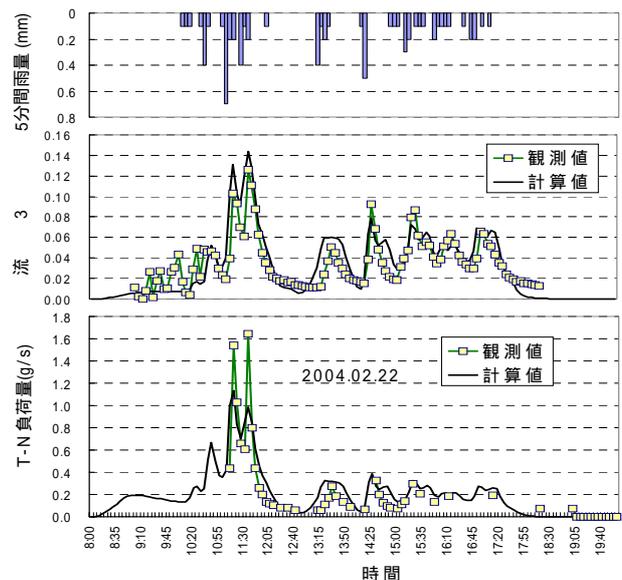


図-3 観測結果と計算結果(2004.02.22)

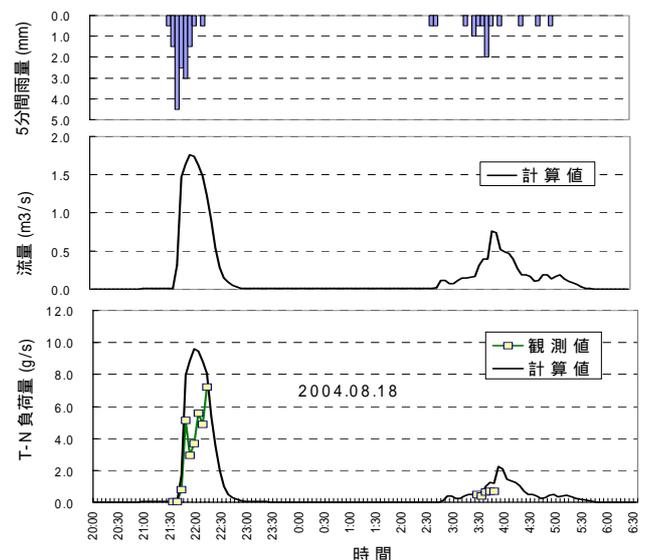


図-4 観測結果と計算結果(2004.08.18)

参考文献)

- 1) Masato Noguchi and Nobuki Morio (2003): Pollutant Runoff from Point and Non-point Sources at Urban Area in Nagasaki, Asian Waterqual 2003, CD-ROM; 1Q5A09.