

降雨時における流出汚濁負荷量の評価に関する研究

長崎大学工学部 学生会員 江川 英仁
長崎大学工学部 正 会 員 西田 渉

長崎大学工学部 非 会 員 重 龍樹
長崎大学工学部 正 会 員 鈴木 誠二
長崎大学工学部 正 会 員 多田 彰秀

1. 研究目的

近年、流域から受水域へ流入する点源からの汚濁負荷量は減少傾向にある．一方で、非点源からの負荷量の抑制は十分ではないとされ¹⁾、水質保全のためには非点源からの汚濁負荷量を把握し、削減する必要がある．本研究では、長崎県諫早市を流れる一級河川本明川を対象に取り上げ、雨天時の汚濁負荷流出量を把握するために、まず、分布型の雨水流出モデルと汚濁負荷流出モデルを構築した．つぎに、当モデルを現地に適用し、流出汚濁負荷量の評価を試みた．

2. 流出汚濁負荷量の数値予測モデル

2.1 雨水流出モデル

雨水の流域からの流出はKinematic Waveモデルで評価した．基礎方程式は次のとおりである．

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = r \quad (1)$$

$$h = p_1 \cdot q^{p_2} \quad (2)$$

ここに、 h ：流出流の水深、 q ：単位幅流量、である．式(2)の p_1, p_2 は、流出流を表面流出成分とする場合、流水の抵抗則として Manning 則を用いて $p_1=(n/S_0^{1/2})^2$ 、 $p_2=3/5$ (n ：Manning の粗度係数、 S_0 ：流域の流出斜面勾配)とし、土中流出成分とする場合には流速を Darcy 則で表現し、 $p_1=1/kS_0$ 、 $p_2=1$ (k ：透水係数)とした．河道流は、表面流出成分と同形で表現した．各基礎方程式は陽形式の有限差分法で離散化した．

2.2 汚濁負荷流出モデル

汚濁負荷流出量は、雨水の流出時に流域で発生する流れの状態に依存するものとして取り扱うこととし、ここでは、雨水流出モデルで算定される比流量の関数として表した．具体的な評価式は次のとおりである．

$$L(t) = L_b + a q_u(t)^b \cdot g(m(t)) \cdot A \quad (3)$$
$$g(m(t)) = \begin{cases} c_1 \left(1 - \frac{m(t)}{m_1}\right) + 1 & : m(t) < m_1 \\ 1 & : m_1 \leq m(t) \leq m_2 \\ \left(\frac{m(t)}{m_2}\right)^{-c_2} & : m_2 \leq m(t) \end{cases} \quad (4)$$

ここに、 L_b ：基底負荷流出量、 A ：全流域の面積、 a, b ：係数、である．式(3)の関数 g は汚濁負荷流出量の流量に対する負荷流出量の二価性に対応させるために導入された項である．ここに、 $m(t)$ ：累積比負荷流出量、 m_1 ：ファーストフラッシュの継続限界にかかわる比負荷量、 m_2 ：負荷流出量の低減に関わる比負荷量である．係数 c_1, c_2 は、前者がファーストフラッシュの基本評価量に対する濃度の増加率を表し、後者は負荷流出量の低減の程度を表す．

3. モデルによる計算結果と考察

3.1 計算条件

計算対象流域は図1のとおりであり、国土交通省による水位の自動計測がなされている裏山橋地点より上流側を取り上げている．この領域の標高と土地利用状況は国土数値情報を用いて評価した．計算では、対象流域を130個の小流域に分割した．計算時間間隔は1.0秒である．次節以降で示す流量は裏山橋地

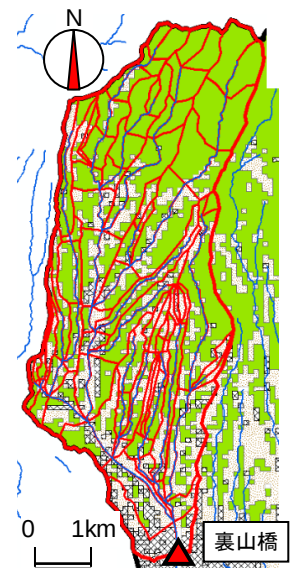


図1 対象流域の概要図

点での H-Q 曲線から算定している．計算対象期間は現地観測を行った 2013(平成 25)年 10 月 23 日，11 月 6 日，11 月 25 日と 12 月 9 日である(以降, それぞれを観測 1, 観測 2, 観測 3, 観測 4 と称す)．汚濁負荷の計算対象として, 以前に行われた水質観測から COD や T-N, TP との相関が見られた SS を取り上げている．

3.2 雨水流出モデルの計算結果

モデルから得られた流量の計算結果と観測結果を図 2 に示す．また, 計算に用いた係数値と先行降雨に関する事項を表 1 に示す．図 2 から, モデルは現地で観測された洪水到達時間と最大流量を概ね良好に再現していると思われる．各流出成分を見ると, 都市域からの流出成分が早く到達しており, 初期流出流量の主体となる．次いで田畑域と森林域からの流出が生じている．モデルの係数については粗度・透水係数が全て同一の値として評価されたが, 初期損失に関しては各観測で異なり, 無降雨期間が最も長い観測 1 で最大となっている．

表 1 雨水流出モデルの係数値と先行降雨

	観測 1	観測 2	観測 3	観測 4
粗度係数(都市)	0.0095			
粗度係数(河道)	0.045			
透水係数(田畑)	0.020			
透水係数(森林)	0.008			
初期損失(都市)	2.0			
初期損失(田畑)	35.5	14.0	24.0	14.7
初期損失(森林)	47.0	24.0	28.0	27.0
先行降雨量(mm)	62	11	28	11
無降雨期間(日)	12.3	3.2	4.8	10.1

3.3 汚濁負荷流出モデルの計算結果

汚濁負荷流出モデルで算定された SS の濃度の計算結果と観測結果は図 2 に併記したとおりである．図に示された結果から, SS のファーストフラッシュや最大濃度を全体的に予測できていると考えている．SS の濃度変化には 3 回のピークが発生するようであるが, これを各土地利用種からの雨水流出量の時間変化と併せて見ると, ファーストフラッシュ時に都市域からの洪水が到達し, 濃度が二回目の極値をとる直前に田畑からの洪水が到達している．同様に三回目には森林からの洪水が到達する結果となった．このことから, 降雨流出期間中の SS の主な流出源は都市域, 田畑域, 森林域の順で移行すると推察される．

4. まとめ

本研究では流出汚濁負荷量の評価を目的とし, 雨水流出モデルと汚濁負荷流出モデルを構築し, 現地に適用して観測結果との比較を行った．その結果から観測結果を概ね良好に予測したと考えている．一方で, 計算結果から推察された SS の発生源の移行については詳細な観測等による検証が不可欠であり, 今後検討していきたいと考えている．

参考文献 1) 国土交通省, 農林水産省, 環境省: 湖沼水質のための流域対策の基本的考え方, p.36, 2006.

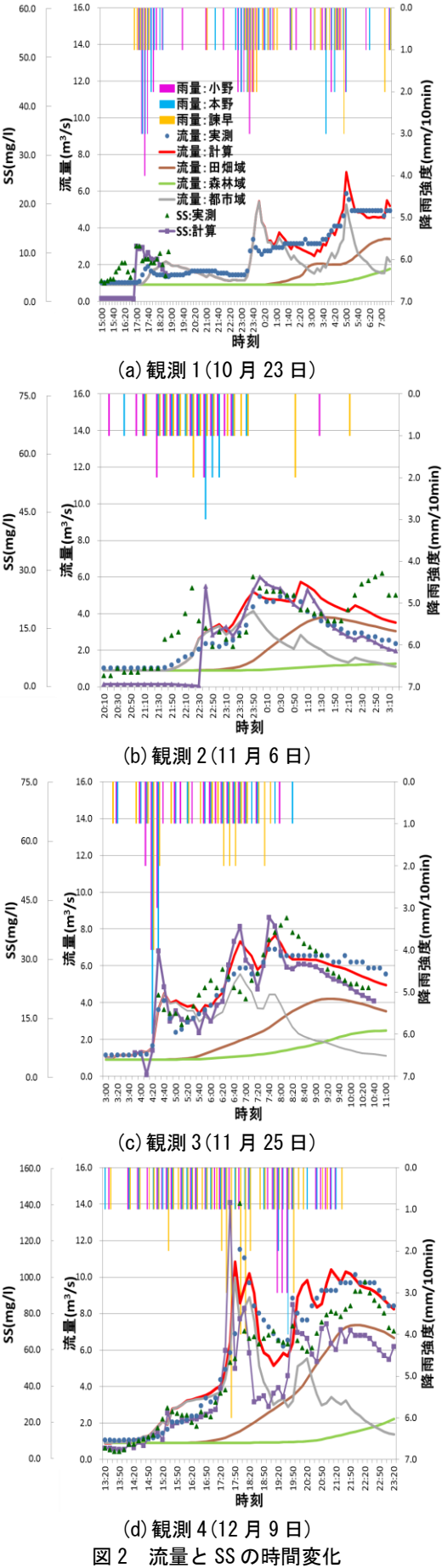


図 2 流量と SS の時間変化