

本明川流域の土地利用変遷に伴う汚濁負荷流出量の変化特性に関する研究

長崎大学工学部 学生会員 叶 鋒 長崎大学大学院工学研究科 学生会員 江川 英仁
PAL 構造 (株) 正会員 西田 渉 長崎大学大学院工学研究科 正会員 鈴木 誠二

1. 研究背景・目的

河川流域で発生する汚濁負荷はリンや窒素などが代表的な物質である。これらは、河川環境や生息する生物に影響を与えるばかりでなく、閉鎖性水域である湖沼やエスチャリーなどに流入することで、富栄養化を引き起こすため流出を抑制する必要がある¹⁾。一般的に汚濁負荷発生源には点源と非点源がある。点源汚濁は発生源の特定を行いやすいため、排出基準や流出量削減制度の効果もあり、点源からの流出量は減少傾向にある。一方、非点源汚濁は河川流域が発生源であり、流出量削減対策も効果を発揮し難いため、総流出負荷量に対する非点源からの流出量が増加傾向にある。そのため、非点源からの汚濁負荷流出の抑制および削減を行うためには、汚濁負荷流出量の詳細にわたる把握が求められている。以上のことを踏まえ、本研究では長崎県諫早市内を流下する本明川流域の土地利用の変遷に伴う汚濁負荷流出量の変化特性の把握を目的とし、現地観測およびモデルによる汚濁負荷流出量の予測解析を行う。

2. 研究概要

図1に研究対象領域を示す。本研究の対象流域は、長崎県諫早市内を流下する一級河川の本明川である。水質調査項目は本明川流域においてCODや栄養塩(全リン、全窒素)と相関が高い浮遊懸濁物質(SS)である。本研究では土地利用変遷に伴う汚濁負荷流出量の変化特性を評価する。そのため、本明川流域における土地利用データ(メッシュデータ)を国土交通省より入手し、GISを用いて解析を行った。対象年度は、昭和51年、62年、平成3年、9年、18年、21年である。汚濁負荷流出量を年度ごとに算出することで土地利用の変遷に伴う汚濁負荷流出量の変化特性を評価する。なお、モデルによる計算結果の妥当性を明らかにするため、現地観測を行った。観測期間は平成26年6月2日、11月30日、平成27年11月17日、12月2日である(以降、それぞれを観測1、2、3、4と称す)。

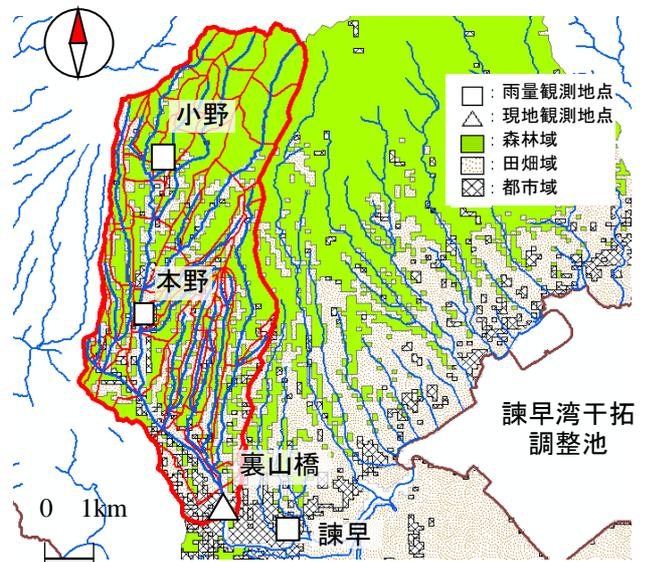


図1 対象流域の概要図

3. 土地利用の経年変化

図2に各年度の土地利用の割合を示す。図2より最も森林域が多いのは平成3年度、田畑域が多いのは昭和51年度、都市域が多いのは平成21年度であることがわかる。なお、すべての年度において最も多い土地利用は森林域であり、最も少ない土地利用は都市域であることも確認される。

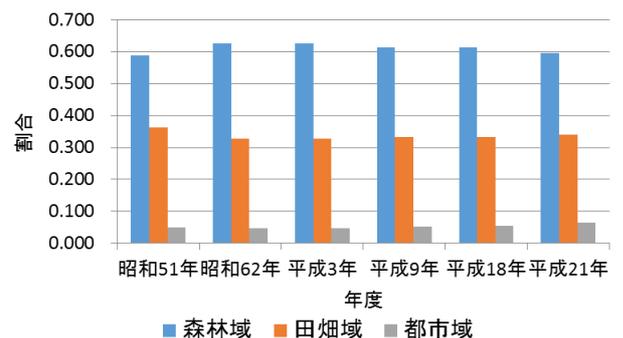


図2 各年度の土地利用割合

4. モデルの説明

4.1 雨水流出モデル

雨水流出は、分布型モデルの一つであるKinematic Waveモデルで予測計算した。雨水流出モデルに用いた基礎方程式は以下のとおりである。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = r_{in} \quad (1) \quad h = p_1 \cdot q^{p_2} \quad (2)$$

ここに、 h : 流出流の水深、 q : 単位幅あたりの流出流量である。 r_{in} に関しては、流域の斜面での計算に際して降雨量が与えられ、河道の計算では流域斜面からの横流入流量が与えられる。また p_1 と p_2 に関しては、流出流を表面流出成分として取り扱う都市域と河道の場合、 $p_1 = (n/i^{0.5})^2$ 、 $p_2 = 3/5$ (n : Manningの粗度係数、 i : 流域の斜面勾配)とされる。土中流出成分として取り扱う田畑域と森林域の場合には、流速をDarcy則で表現し、 $p_1 = 1/Ki$ 、 $p_2 = 1$ (K : 透水係数)としている。

4.2 汚濁負荷流出モデル

汚濁負荷流出の予測計算は次式を用いて行った。

$$\frac{\partial Ch}{\partial t} + \frac{\partial Cq}{\partial x} = C_{in}r_{in} + src \quad (3), \quad src = a_j q^{b_j} \cdot g_j(m_j(t)) \quad (4)$$

ここに、 C : SSの濃度である。 C_{in} については、雨水にSSが含まれないものとし、河道流の計算過程では小流域からの横流入水の濃度とする。 src は流域におけるSSの発生量のみを取り扱い、雨水の流出流量や累積流出負荷量に応じて変化するものとして(4)式のように評価した。 a_j, b_j : 土地利用種jにおけるSSの発生に関わる係数、 $g_j(m(t))$: 累積流出負荷量($m(t)$)を考慮した関数である。なお、関数 g はファーストフラッシュ現象および流出負荷量が流量の増水期と減水期では異なる挙動を表現するために導入されている。

5. モデルによる計算結果と考察

5.1 計算条件と土地利用変化

計算対象流域は図1に示す裏山橋流域であり、国土数値情報から得られた標高データに基づき130個の小流域に分割した。時間差分間隔は1.0秒であり、空間差分間隔は10mである。降雨に関して観測1を対象とした計算では、各雨量観測所で測定された10分間雨量を与えた。また、観測2, 3, 4を対象とした計算では、小野および本野雨量観測所での測定値と裏山橋地点での実測値を与えた。

5.2 雨水流出モデルの計算結果と考察

図3に各年度における流量の時間変化を示す。モデルを用いた計算結果より、全計算結果から降雨初期において平成21年度が他の年度より多く流出し、降雨終了時から減衰期にかけては全期間同様に流出していることが分かる。これは、図2より平成21年度は他の年度と比べ雨水流出の早い都市域の面積が最大であることから、降雨が集中する降雨初期において顕著な流出を示したものと考えられる。

5.3 汚濁負荷流出モデルの計算結果と考察

図3に各年度におけるSS濃度の時間変化を示す。モデルを用いた計算結果より、降雨初期において平成21年度が他の年度より多く流出していることがわかる。これは、雨水流出と同様に平成21年度は他の年度と比べて流出の早い都市域の割合が増加していたため、降雨初期の流出量が増加したものと考えられる。観測3は最大負荷量が降雨終了から減水期に現れるのに対し、観測1, 2, 4は最大負荷量が降雨初期に現れていた。これは、観測3において、小野または本野に3.0(10min/mm)以上の降雨が複数あったことにより、降雨終了時から減水期において汚濁負荷流出の遅い田畑、森林域から汚濁物質が顕著に流出したためと考えられる。

6. まとめ

本研究では、土地利用の変遷に伴う汚濁負荷流出量の変化特性の把握を目的とし、現地観測とモデルによる汚濁負荷流出量の予測解析を行った。雨水、汚濁負荷流出モデルの計算結果から、都市域の面積割合に応じて、降雨が集中する降雨初期において顕著な雨水流出を呈することが分かった。また、小野および本野に3.0(10min/mm)以上の顕著な降雨が複数ある場合には、降雨終了時から減水期において、最大負荷量を示すことが分かった。

参考文献

- 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な考え方 p.36, 2006

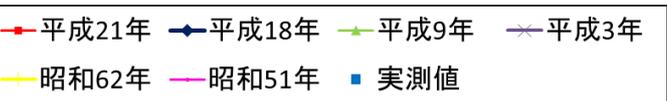
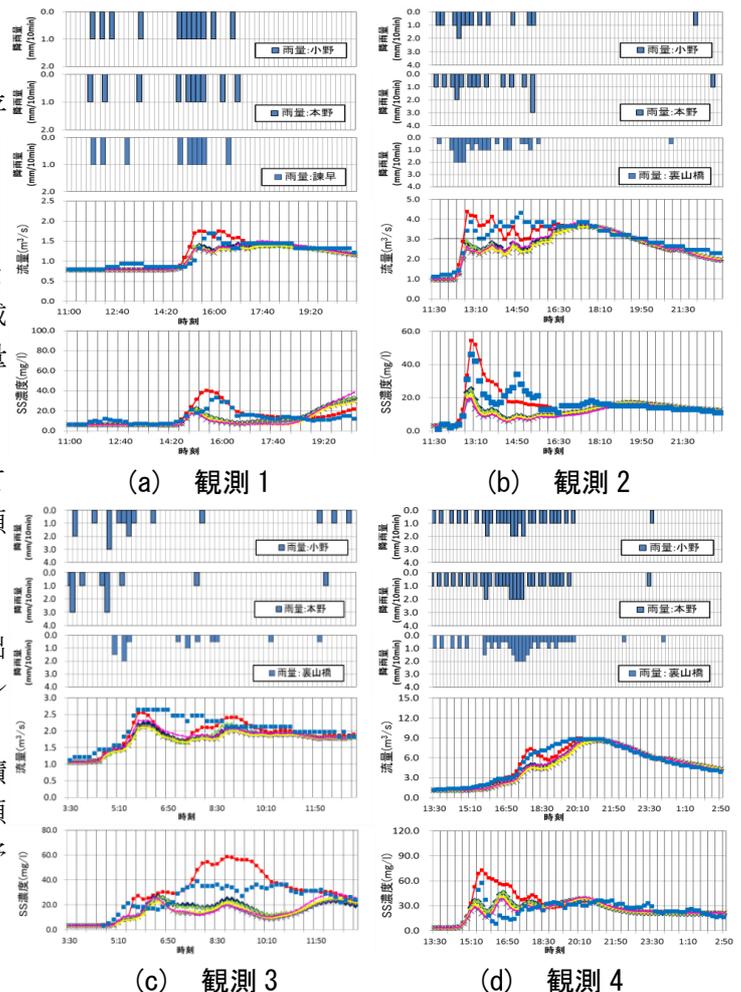


図3 各観測における流量, 汚濁負荷量の時間変化