

瑞梅寺川流域における降雨時の汚濁物質流出特性と年間流達負荷量の算定

九州大学工学部 学生会員 佐野弘典 九州大学大学院 学生会員 永松由有
 九州大学大学院 正会員 久場隆広 九州大学大学院 フェロー 楠田哲也

1. はじめに

福岡県西部に位置する糸島地域に九州大学の伊都キャンパスが建設され、2005年8月より一部移転を開始している。それに伴い大幅な人口増加や周辺地域の開発が予想され、伊都キャンパス移転計画及び関連事業等の開発プロジェクトの進行が糸島地域の水環境に影響を及ぼすことが考えられる。本研究では、伊都キャンパス周辺を流れ今津湾に注ぐ瑞梅寺川(図1)を対象に現地調査を行い、モデルによる水質解析及び負荷量 - 流量関係式の作成によって流域における汚濁物質の流達負荷量を定量化することを目的とする。

2. 研究手法

2.1 現地調査

瑞梅寺川は、前原市瑞梅寺の井原山に源を発し糸島平野東部の農業地帯を流れ、国道202号線沿いの前原市街地を通り、福岡市西区太郎丸・田尻を経て今津湾に注ぐ、幹線流路延長12.8km、流域面積44km²の2級河川である。2004年6月から2005年11月にかけて現地調査を行った。調査地点は上流から順に、奇徳(河口からの距離13km)、井田(同6km)、池田(同4km)、太郎丸(同1km)の4点である。測定項目はBOD及びCOD、SS、TN、TPである。また2005年11月11日から12日にかけて池田において降雨時の汚濁物質の流出観測を行った。

2.2 負荷量 - 流量関係式の作成

瑞梅寺川では、福岡県により奇徳及び池田の2カ所で毎時の水位が測定されている。本研究では池田における水位データと現地調査による流量を用いて水位 - 流量曲線を作成した。瑞梅寺川では河川水の多くが農業用水として利用されており、そのため多くの堰が存在している。そこで一般的なH-Q式ではなく堰の越流公式を利用した。越流公式の決定においては実測値との比較を行い、その結果最も相関係数の高い台形堰の式を用いて水位 - 流量曲線とした(図2)。また上記の現地調査による実測データを基に負荷量 - 流量関係式(L-Q式)を作成した。ここでは、最も計算が容易で単純なL-Q法を用いた。一例として図3に2005年の池田におけるSSのL-Q式を示す。以上の式により汚濁物質の池田への年間流達負荷量の算定を行った。

2.3 瑞梅寺川水量・水質モデルの構築

瑞梅寺川は、堰が多く存在し灌漑取水量も多いという地理的特性を持つ。また本年度は少雨の影響もあり、中下流域において断流が生じた。そのため一般的に利用されている連続的な河川流動モデルでは実現象を表現することが難しい。更に、河道内での物質の堆積・掃流が瑞梅寺川の降雨流出時の水質に大きな影響を及ぼしている可能性もあり、本河川では堰による影響を表現可能なモデルを適用する必要がある。そこで図4に示すように河道ブロックを堰によって分割し、1つのブロック内の水収支を堰の越流による流入・流出及び取水・排水、蒸発散、降雨により表現し、物質収支については移流及び排水、沈降、巻き上げ、分解により表現し、次式に示した。

$$\text{水収支式} : B \cdot L \cdot \frac{\partial h}{\partial t} = Q_{i-1} - Q_i - E - Q_{out} + Q_{in}$$

$$\text{物質収支式} : \frac{\partial C}{\partial t} = \frac{(Adv_{i-1} - Adv_i + M_{in})}{B \cdot L \cdot h} - S + J + f$$

ただし、B:河川幅、L:河道ブロック長、h:水深、t:時間、Q_i:河道ブロックiにおける越流量、E:蒸発散量、Q_{out}:取水量、Q_{in}:排水量、C:物質濃度、Adv_i:河道ブロックiから移流する物質質量、M_{in}:排水中の物質質量、S:沈降量、J:巻き上げ量、f:物質反応量

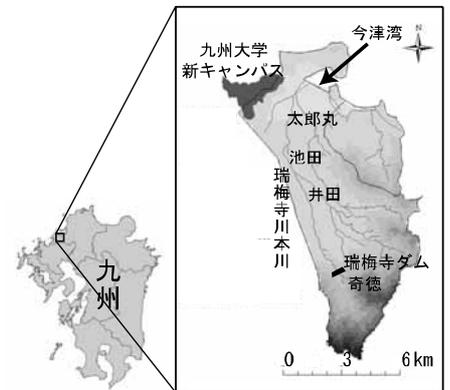


図1 瑞梅寺川流域図

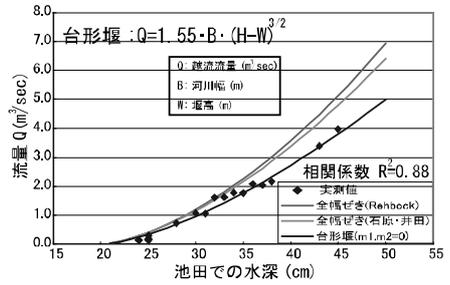


図2 堰の越流量の計算値と実測値

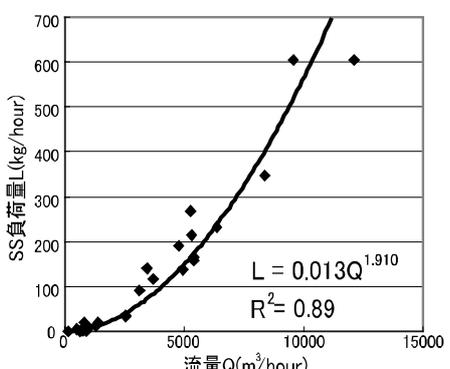


図3 池田におけるSSの負荷量 - 流量関係式

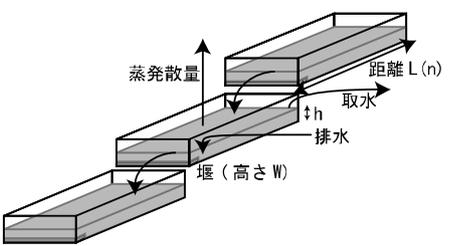


図4 瑞梅寺川水量・水質モデル概念図

3. 結果及び考察

3.1 降雨時における汚濁物質の流出特性

2005年11月11日から12日にかけて池田において降雨時の流出観測を行った。計19時間での総降雨量は33mmであり、先行晴天日数は4日間であった。流量は降雨開始から5~6時間後に急激に上昇し始め、平常時の約30~40倍の値でピークを迎えた後徐々に減少した。水質に関しては、流量が安定しても上昇傾向あるいは横ばい状態が続いた(図5)。次に池田において今回の降雨による流達負荷量の変化を推定した。SS及びCOD、TN、TPそれぞれの流達負荷量を、降雨開始時から時系列(19時間)で積分することにより一度の降雨イベントによる流達負荷量を求めた(表1)。なお、平常時については降雨開始直後の値を一律に加えたものを使用した。この結果から降雨による流達負荷量は、平常時の約15~60倍であることが分かった。また水位-流量曲線及びL-Q式による算定結果と比較すると、15~39%の誤差が生じた。これは単純なL-Q式を用いて算定を行ったため先行晴天日数やファーストフラッシュ現象が考慮されていないことに起因する(図6)。今後調査を重ね同様の傾向が見られるならば、先行晴天日数を考慮したL-Q式を用いる必要がある。

3.2 年間流達負荷量の推定

前述のL-Q式を用いて池田における年間流達負荷量の算定を行った。一例として図7にCODの年間流達負荷量の算定結果を示す。2004年と2005年では流量や降水量の違いから河川の状況が大きく異なることを考慮し、それぞれ別のL-Q式を用いた。2004年(年降雨量:1751mm)は年間流達負荷量は58(t/year)であり、灌漑や台風などの影響で夏から秋にかけての負荷が大きくなっている。しかし降雨流出時のデータがなく実際の現象より低く見積もっている可能性が高い。一方2005年(年降雨量:1019mm)に関しては、年間流達負荷量95(t/year)と推定された。全体的に降雨量が少なく、台風や集中豪雨による局所的な降雨の影響が強く表れている。したがって負荷も大きな変動幅で推移していることが読み取れる。

3.3 瑞梅寺川水量・水質モデルの妥当性の検討

3.1及び3.2では瑞梅寺川水系における水質環境の現状把握を行った。今後提案される水質改善計画等を評価するためには瑞梅寺川水系の水量・水質モデルが必要である。図8に瑞梅寺川水量・水質モデルによる解析結果の一例を示す。本モデルでは河川流量のキャリブレーションに2005年の6月以降の実測値を主に利用したため、その時期以降の水位は再現性が高い。モデルで計算された2005年のCODの年間流達負荷量は48(t/year)となり、これはL-Q式による算出結果より低い結果となった。一方、前述の降雨イベント19時間における流達負荷量は700(kg/19h)となり、実測やL-Q式による算出より高い値となった。これは降雨の初期流出を精度よく表現できなかったためである。今後現地観測データを充実させることで本モデルの精度をより向上させる必要があるが、COD濃度のおおよその挙動を推定し得た。

4. 結論

- 1)池田における降雨時の流達負荷量の算定を行い、平常時と比較した結果、約15~60倍の負荷量であった。また単純なL-Q式による算定を行ったところ、15~39%程度の誤差を生じた。
- 2)L-Q式を用いて池田における汚濁物質の年間流達負荷量の算定を行い、2005年のCODは95(t/year)となった。
- 3)連続的な河川流動モデルでは表現が難しい、堰の影響を考慮した水量・水質モデルを構築した。その結果、降雨流出時のデータの存在する2005年に関して水量及び水質のおおよその挙動を推定し得た。

今後モデルの推定精度を高め、そのモデルを糸島全流域に適用させることで、大学の移転に伴う周辺地域の開発による水環境への影響を評価し、将来の流域からの汚濁排出量の低減化や生態系の保全等を検討していく。

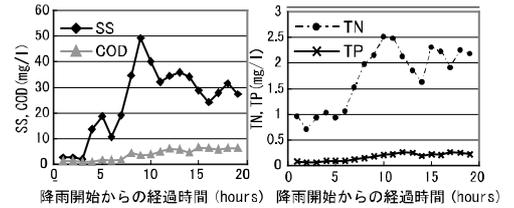


図5 池田における降雨時水質の時間変化

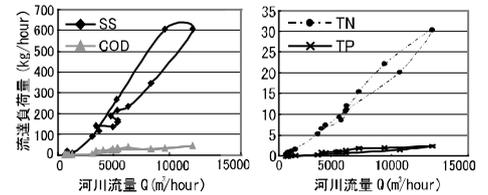


図6 降雨時流達負荷量のヒステリシス

表1 池田での降雨による流達負荷量の変化

| | 降雨時実測による算定 | | L-Q式による算定 | | |
|-----|-----------------|-----------------|---------------------|----------------|-----------------|
| | 平常時 (kg/19h) | 降雨時 (kg/19h) | L-Q式 | R ² | 降雨時 (kg/19h) |
| SS | 54 | 3325 | $L=0.013Q^{-0.0}$ | 0.89 | 5534 |
| COD | 17 | 421 | $L=0.153Q^{1.374}$ | 0.86 | 496 |
| TN | 13 | 176 | $L=0.179Q^{-0.278}$ | 0.99 | 215 |
| TP | 1 | 16 | $L=0.003Q^{-0.274}$ | 0.96 | 24 |

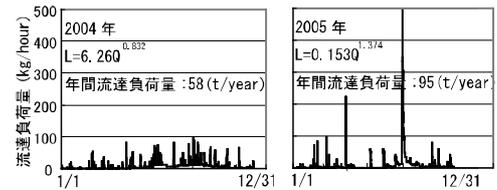


図7 池田におけるCODの年間流達負荷量

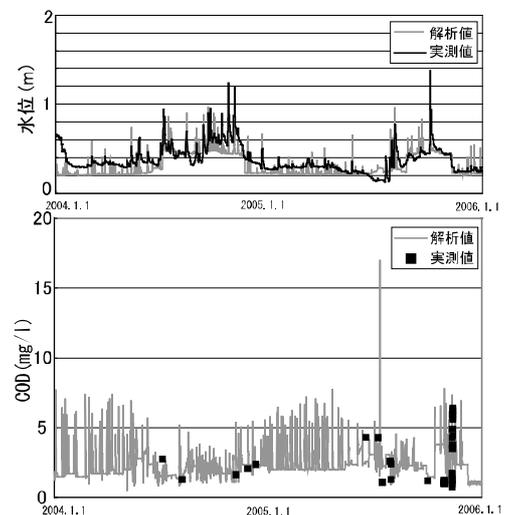


図8 池田における水位及びCOD解析値