

落水線図を用いた非点源汚濁負荷流出解析とその適用例

長崎大学大学院 学生員○樋渡智則 長崎大学工学部 フェロー 野口正人
 長崎大学工学部 非会員 脇坂辰也

1.はじめに

長崎県の諫早湾では、干拓事業が水環境に及ぼす影響について大きく関心が持たれている。非点源汚濁負荷流出量を精度良く求めることは閉鎖性水域の水質を清澄に保つために不可欠である。本論では、汚濁負荷流出解析法の一つとして、落水線図を用いた解析法を提案し、実流域への適用上の問題点について考察した。また、計算された汚濁負荷流出量を調整池での実測値と比較し、モデルの妥当性について検討した。

2.流域情報の収集と整理

非点源汚濁負荷は流域の様々な社会的・自然的な活動の影響を受けて発生し、水域に流出することにより水質汚濁を引き起こす。このような複雑な形態のもと、実流域での水量・水質予測を行う場合、対象地域の地形、地質・土質、植生や、降雨時系列といった流域情報をいかに評価するかが重要な問題になってくる。近年、流域情報を取得する手段の一つとして GIS データの有効性が広く認識されるようになった。本研究では、国土数値情報の標高データにより流域の幾何形状を表現し、後述の落水線図を作成することにより流出解析を進める。図-1 は、得られたデータをもとに諫早湾調整池流域の標高を ArcView により図化したものである。図中の太線は調整池に対して描かれた流域界である。

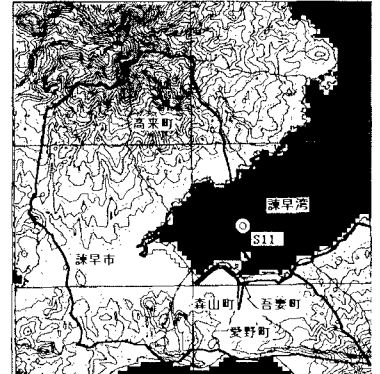


図-1 諫早湾流域の標高.

3.対象流域における落水線図の作成

落水線図は流出現象を物理的に扱い、流域全体の雨水流出経路を決定しようとしたものである。本方法は、GIS 等で得られた流域データの取り扱いが容易になり、広範囲にわたる水系網が自動的に作成される利点がある。図-2 は、諫早湾調整池流域に対して作成された落水線図を表している。図中の黒の細い実線は地形図を元に描かれた調整池の流域界を、灰色の太い実線は落水線から求められた分水界を示している。求められた落水線図を参照すれば、地形図と比較しても一部の下流域を除いてほぼ正確な地形の表現がされていることが確認できる。ただし、本明川河口付近(A点)では河道網が実際のものとは異なっており、また流域界と落水線の分水界とが一致していない箇所(B、C、D点)が見られる。この主な原因としては、落水線が平均地盤高を基にして描かれるのに対し、河川は河床の高低に沿って流れるため、低平地ではこれらの両者が必ずしも一致していないことが上げられる。これらの問題に対処し、修正を行った結果を図-3 に示す。図から明らかなように一部の修正によって落水線図の流域界、流下方向はかなり正確なものになった。

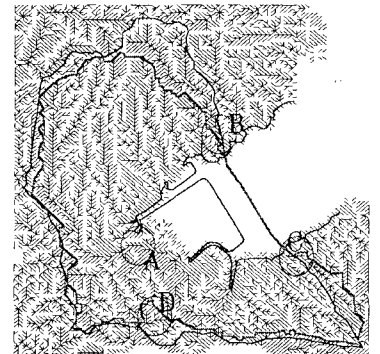


図-2 諫早湾流域の落水線図(修正前).

4.落水線図を用いた非点源汚濁負荷流出量の予測

前述された落水線図を用いて、流域からの汚濁負荷流出の解析を試みた。以下では、2次元平面流の運動方程式¹⁾を簡略的に解析する方法を採用した。すなわち、流れを落水線方向の1方向に卓越したものと考え、基礎方程式を(1)式のように1次元的に解く方法を用いた。

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + \frac{\partial(\theta u)}{\partial x} = Source \quad (1)$$

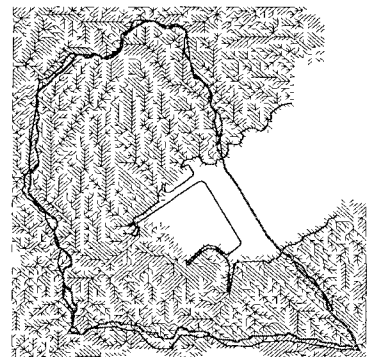


図-3 諫早湾流域の落水線図(修正後).

ここに、 θ は質量や運動量に相当する物理量、 u は速さ、Source は単位時間あたりの生成量である。

実際に、差分計算を進めていくにあたっては、計算を安定的に進めることと共に、生成項(Source)の適切な評価が重要になる。生成項の評価は雨水流に対してはとりあえず表面流のみを対象に降雨強度のみを考慮した。運動量式の解析には、マンギングの抵抗則を適用し、その粗度係数($m/s^{1/3}$)を 0.04(都市域)、0.025(水域)、0.025(水田)、0.03(畑地)、0.035(果樹園)、0.06(山林)とした。汚濁物質の剥離量の算定は、平均的なせん断応力に比例させる形とし、せん断応力に剥離係数を乗じて行うものとした。その際、剥離係数を合理的に評価するために、流域内のある地点での T-N の観測値とその地点に相当するメッシュでの計算値との比較を行い、結果が概ね妥当であることを確認したうえで剥離係数を $3.85 \times 10^{-9}(g/m^2)$ とした。また、対象としている汚濁物質である全窒素の実態にも拘らず沈降量の算定は、一定の沈降速度($0.035m/d$)をもつものとして行われた。

図-4 には、上述された方法を用いて長期間に渡る汚濁負荷流出量の解析を行った結果が示されている。図中には上から、日雨量と調整池に流入する流量、日汚濁負荷量の時間的変化が示されている。調整池には本明川を初めとして多数の河川が流入するため、これらの結果の妥当性を直接判定することが難しい。そのため、結果の妥当性を調整池の水質変化との比較で検討することとした。前述された目的から、まず、平成 11 年度(1999 年度)に図-1 の調整池の S11 地点において計測された水質指標(T-N,T-P,COD)²⁾の日変化が図-5 に示され、併せて本論で示された方法により得られた T-N の日変化の計算結果が示された。本計算では、流域からの外部負荷として、非点源汚濁負荷に対しては前述された方法で、また、点源汚濁負荷に対しては諫早市により集計されている資料を参考に一定値とする方法でそれぞれ算定され、調整池が完全混合システムであるとされた。図-5 の T-N の観測値と計算値とを対比すれば、両者は必ずしもよく一致しているとは言えない。その主たる原因は、調整池の水質を評価するにあたって本論では、流域からの汚濁負荷流出による外部負荷のみを取り上げているためである。適切に汚濁負荷流出量を評価するためには、モデルに含まれたパラメータをさらに詳しく同定していく必要がある。この種のパラメータの同定より、調整池の水質に及ぼす外部負荷の影響を評価しうることが明らかである。

5.おわりに

本論では、標高データにより落水線図を作成し、それを用いて非点源汚濁負荷流出解析を試みた。その結果、求められた落水線図は、その特徴を十分に把握して僅かな修正を行うことで流域情報を有効に表現しうることが示された。また、非点源汚濁負荷流出解析を行っていくうえで、剥離量の算定に大きく影響を及ぼす剥離係数を正確に評価することにより、概ね妥当な結果が得られることが確認された。今後、外部負荷が調整池に及ぼす影響をより正確に評価しようとするれば、降雨時の水質観測を実施し、パラメータの同定を詳細に行っていくかなければならない。

参考文献

- 1) Masato Noguchi, Wataru Nishida, and Toshinori Hiwatashi: Prediction of Nitrogenous Pollutant Runoff due to Rainfall from the Watershed, Urban Drainage Modeling Symposium, EWRI, 2001.(submitted)
- 2) 長崎県生活環境部:第 15 回諫早湾干拓地環境調査委員会資料,締切後の調整池水質,2000

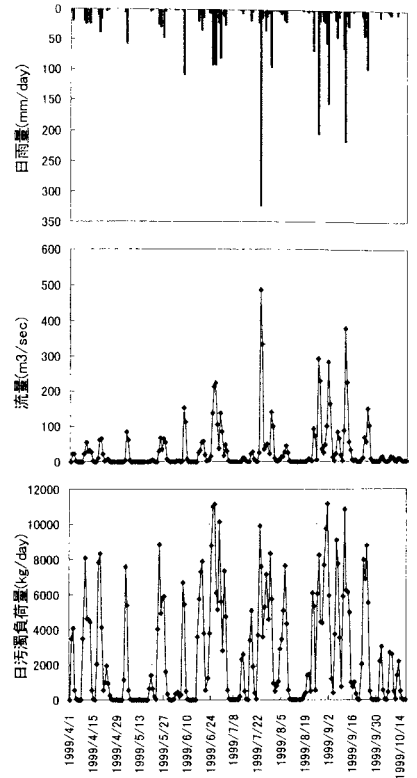


図-4 流量と日汚濁負荷量の計算結果.

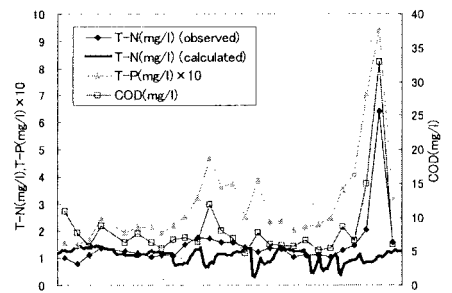


図-5 調整池の S11 地点で計測された T-N,T-P,COD の観測値と T-N の計算値.