

非点源汚濁負荷の剥離機構を考慮した汚濁流出解析

長崎大学大学院	学生会員	古江雅和	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	西田 渉	長崎大学工学部	正会員	川池健司
			長崎大学工学部	学生会員	池田 敬

1. はじめに

現在、下水道の整備が進むにつれ、点源汚濁は減少傾向にある。それに対し、流域に分布した非点源汚濁は明確な削減方法が確立していない。非点源汚濁は降雨時に表面流によって、堆積した汚濁が流出することは容易に察せられる。都市域のような降雨の大半が表面流として流出する流域において、その堆積汚濁に着目して流出汚濁の定量評価を行ってきた。

今回は諫早湾調整池へ流れ込む河川のうち、いくつかの観測データを元に剥離されにくさを考慮して汚濁流出解析を行い、流出汚濁の定量評価を試みた。

2. 非点源汚濁負荷流出解析

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必要がある。剥離量を適切に見積もるために、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。

$$h_a(y,t) = h_{a,\infty} + (h_{a,s}(t) - h_{a,\infty}) \cdot e^{-ay} \quad (1)$$

ここに y 軸は上方向が正にとられている。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。

$$g_1 Q(t) = g_2 \int_{-d(t)}^0 h_a(y,t) dy \quad (2)$$

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、 g_1 、 g_2 ; 比例係数である。式(2)の右辺に式(1)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、汚濁濃度; $C(t)$ は以下のように計算できる。

$$C(t) = L(t) / Q(t) \quad (3)$$

3. 対象流域の概要

諫早湾調整池は1997年に閉めきられ、調整池内での淡水化が進められた。そのため、流入した汚濁物質は池内に滞留する傾向があり、水質悪化が懸念されている。流域からの汚濁負荷流出量を定量評価することによって諫早湾調整池に流入する汚濁量を定量的に把握することが出来れば、具体的な削減方策を打ち立てやすい。調整池に流入する河川は代表となるものとして一級河川である本明川がある。

本研究ではその中で図-2に示すような11河川の降雨

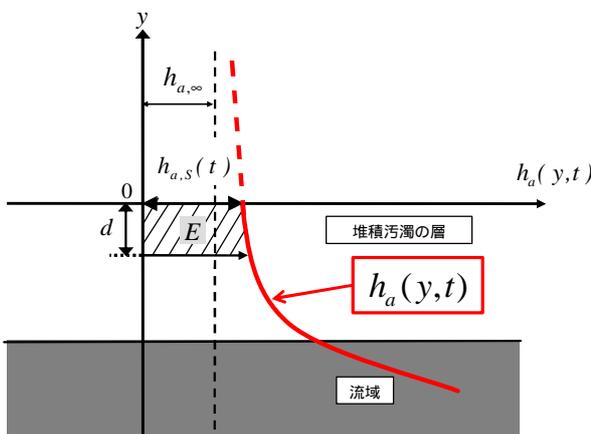


図-1 堆積汚濁の剥離されにくさ(概念図)

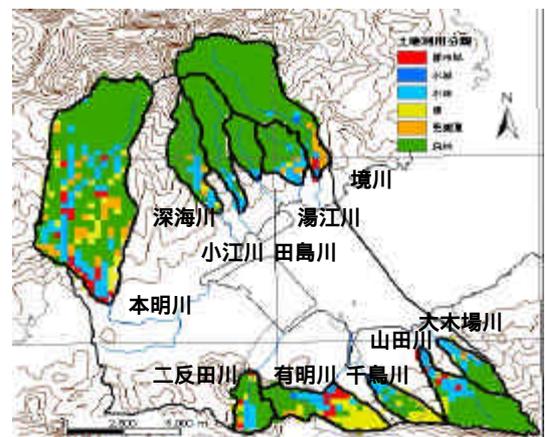


図-2 諫早湾調整池流域に流入する11河川

時における水質観測データ(2002~2004 年度)を農水省より提供して頂いた。水質指標は T-N, T-P, COD である。今回は河川の数を絞り、T-N を対象としている。

4. 解析結果と考察

これまで、本研究では不浸透域である長崎市の小さな流域(出島川流域)を対象として非点源汚濁負荷流出解析を行ってきた¹⁾。表-1 に示したように今回取り上げる諫早湾調整池に流入する河川流域は出島川流域に対して 20~100 倍程度違う。また、不浸透域に覆われた出島川流域に対し、表に挙げた 4 流域は土地利用が様々である。境川流域はその約 9 割が森林であり、千鳥川は約 5 割が畑である。こういった土地利用を踏まえながら、降雨時における汚濁負荷流出解析を行った。その解析結果の一部を図-3, 図-4 に示す。

流量は KW 法を用いて数値解析を行った。T-N 負荷流出量は先に示した剥離されにくさを考慮した式(2)を用いている。これらの結果より、ハイドログラフ、ロードグラフ共、観測値と計算値との一致は良好であることが分かる。今回、流域における降雨初期の堆積汚濁の剥離されにくさを表すパラメータ $h_{a,s}(0)$ は観測結果に合わせる形で任意的に定めた(表-1)。こうして求めた $h_{a,s}(0)$ と、土地利用ごとの汚濁パラメータ(森林:1, 果樹園:2, 水田・畑:3, 都市域:5)と土地利用の割合を乗じたものとの相関を調べた結果を図-5 に示す。この図より、 $h_{a,s}(0)$ は対象流域の土地利用の状態を知ることにより適切に求められることが明らかである。

5. おわりに

調整池において清澄な水質を保つためには非点源汚濁負荷流出量の定量評価は重要な課題である。今回、剥離機構を考慮した式を用いてパラメータを同定し、良好な結果を得ることができた。今後は先行降雨などの影響を考慮した形で汚濁の剥離されにくさを評価すれば、流出汚濁量の予測精度をより向上させ得るものと考えられる。

謝辞:最後に本研究を進めるにあたり、資料の提供等で多大なご支援を頂戴した農林水産省の関係各位に厚くお礼申し上げます。

参考文献 1) Masato NOGUCHI, Yusaku FUCHIGAMI, Masakazu FURUE, Kenta RYU, Nobuki MORIO, Kenji KAWAIKE, and Makoto NISHIKAWA: "Analysis of Pollutant Runoff Loads from Non-Point Sources Considering the Interaction between Overland Flows and Accumulated Materials", Proc. of XXXI IAHR, pp.1146-1183,(2005).

表-1 各河川の土地利用状態とパラメータ $h_{a,s}(0)$ の値

河川名	面積(ha)	割合						$h_{a,s}(0)$
		都市域	水域	水田	畑	果樹園	森林	
境川	2007	0.04	0.00	0.02	0.00	0.05	0.88	3000
深海川	1260	0.02	0.00	0.17	0.04	0.08	0.69	1500
千鳥川	423	0.06	0.00	0.17	0.45	0.00	0.32	100
山田	972	0.06	0.00	0.19	0.06	0.00	0.69	500
出島川	24	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1

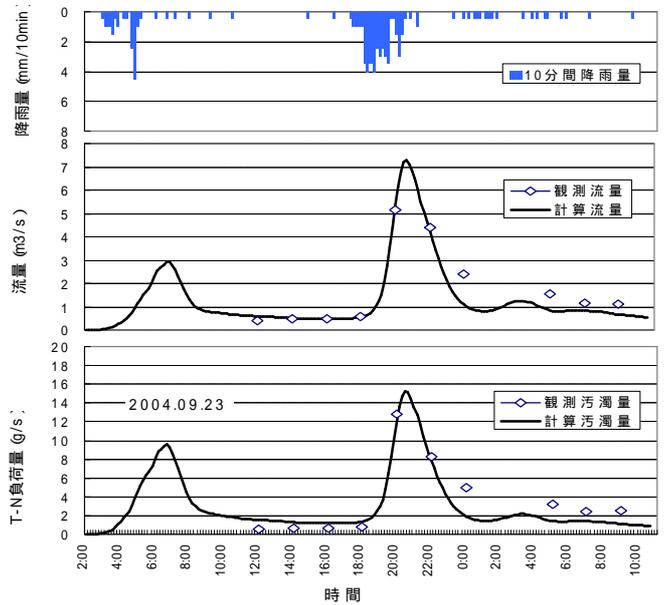


図-3 解析結果(山田川 2004.09.23)

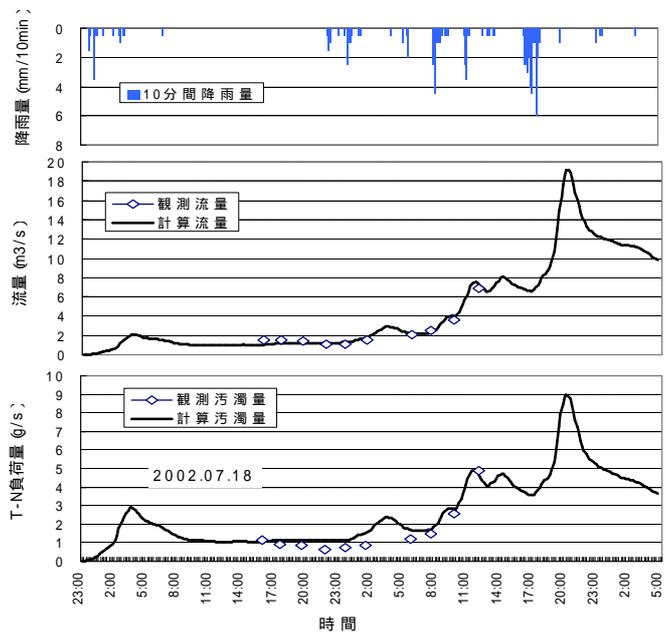


図-4 解析結果(境川 2002.07.18)

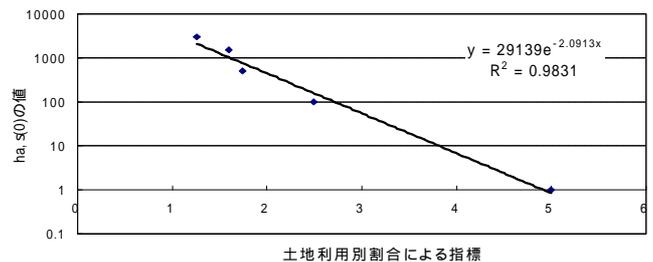


図-5 $h_{a,s}(0)$ と土地利用との相関