

# 長期モニタリングデータに基づく東京湾への浮遊土砂供給量の把握

東京理科大学大学院理工学研究科土木工学専攻 学生員 ○田中 健太郎  
 東京理科大学理工学部土木工学科 正会員 二瓶 泰雄

## 1. はじめに

内湾における水質総量規制では、CODの規制に始まり、第五次においてTNやTPが対象項目として取り込まれ、今後、透明度や底層DOを取り入れる検討を開始している<sup>1)</sup>。また、内湾水質改善には水質浄化機能を有する干潟を、自然の土砂移動を生かした形で保全・再生することが必須である。これらを具現化するには、流域から河川を經由して海或に流入する土砂輸送量の実態をモニタリングすることや、様々な流域環境変化に対応した土砂輸送量変化の予測・モデリング手法の確立が不可欠である。このうち内湾流域の土砂輸送量モニタリングに関しては、台風出水時において大量の土砂が輸送されることを考慮すると光学式センサー等により連続観測を行う必要があるが、東京湾等の多くの内湾流域ではそのような観測体制は取られていない。それに対して著者らは、東京湾の主要流入河川における浮遊土砂輸送量の長期連続計測を江戸川、多摩川、荒川、中川、隅田川、小櫃川において早くて2006年度から実施し、多くのデータを蓄積している<sup>2)</sup>。しかしながら、千葉県側山地域からの土砂生産量や雨天時越流下水(CSO)起原の影響等は十分把握されておらず、また観測データの無い河川における浮遊土砂輸送量評価に課題を残している。本研究では、上記観測河川に神田川を加えて浮遊土砂輸送量の長期連続計測を継続するとともに、観測データが無い河川における浮遊土砂輸送量評価のための「無次元LQ式」を考案し、東京湾への浮遊土砂供給量を把握する。

## 2. 研究方法

(1) 主要流入河川：東京湾には、表1に示す10の主要河川が流入する。神田川河口は隅田川・両国橋付近に位置し湾への直接流入ではないが、東京湾への土砂供給量算定を別々に行うため、分けて示す。江戸川では利根川分派点の流域情報に分派率(=0.25)を掛けたものに江戸川流域のデータを加える。流域面積が1000km<sup>2</sup>を越える江戸川と多摩川、荒川では山林や市街地の割合が高い。中川や隅田川は市街地や農地が多く、神田川や鶴見川では市街地が卓越する。小櫃川・養老川・小糸川では山林が多い。

(2) 観測概要：濁度連続観測を、多摩川・田園調布堰(河口から+3km, 2006/7~)、荒川・笹目橋(+28km, 2006/11~12, 2007/7~2008/10)と西新井橋(+14km, 2008/7~)、隅田川・白髭橋(+9km, 2007/7~)、神田川・一休橋(+6.1km, 2009/9~)、中川・八条橋(+27km, 2007/7~)、江戸川・野田橋(+39km, 2006/6~)、小櫃川・富川橋(+14km, 2008/8~)の7河川で行う。笹目橋と西新井橋、白髭橋は感潮域、その他は河川流域である。八条橋と一休橋では海水遡上はないが、潮位変化の影響がある。ここでは光学式濁度計(Compact-CLWもしくはInfinity Turb, JFEアドバンテック電子(株)製)を用いる。出水時には自動採水機(6712型ポータブルウォーターサンプラー, ISCO社)カマケツにより採水する。採水サンプルについて、下水道試験法によるSS分析とレーザー回折式粒度分析装置(SALD3100, (株)島津製作所製)による粒径分析を行う。流量は、隅田川ではHADCPデータから算出し、江戸川、中川、神田川、小櫃川ではHQ式、多摩川では田園調布堰の越流量、荒川では秋ヶ瀬堰(+34km)の越流量と流入支川流量の和から算出する。

(3) 浮遊土砂供給量算定法：観測地点は河川河口部ではなく、また鶴見川や養老川、小糸川では出水時の観測値が無いため、上記データから何らかの形で浮遊土砂輸送量を求める必要がある。観測値がある河川では、観測地点の浮遊土砂輸送量Lと流量Qの関係(LQ式,  $L = aQ^b$ , a, b:係数)と河口流量<sup>3)</sup>から算出する。また、出水時データが無い河川では、「無次元LQ式」を用いる。これは、①観測値がある平常時のLQ式を算定し、②平常時と出水時の流量閾値Q<sub>0</sub>を設定し、負荷量の閾値L<sub>0</sub>も求める、③7河川の出水時LQ式をL<sub>0</sub>とQ<sub>0</sub>で無次元化し、係数bと土地利用との関係式を作り、④この式と対象流域の土地利用から係数bを算定し出水時の無次元LQ式  $L/L_0 = (Q/Q_0)^b$  を求める。

表1 主要10河川における流域情報

河川	流域面積 [km <sup>2</sup> ]	土地利用 [%]			
		山林	市街地	田・畑	その他
江戸川	2391	57.7	19.5	17.5	5.2
多摩川	1240	50.9	35.2	6.6	7.2
荒川	2300	52.9	24.5	12.9	9.8
中川	987	1.0	47.0	47.0	5.0
隅田川	535	1.0	46.0	46.0	7.0
神田川	105	0.9	97.5	1.1	0.5
鶴見川	235	14.0	71.0	12.0	3.0
小櫃川	267	62.6	7.6	11.4	18.4
養老川	245.9	72.3	8.9	7.4	11.4
小糸川	142	47.7	19.3	8.1	25.0

キーワード：LQ式, 東京湾, 浮遊土砂輸送, 現地観測, 出水

連絡先：田中健太郎 〒278-8510千葉県野田市山崎2641 TEL04-7124-1501 (内線4069)

3. 結果と考察

(1)台風 0918 号出水時の特徴：2009 年最大の出水である台風 0918 号時における各河川の流量・SS・中央粒径  $D_{50}$  の時間変化を図 1 に示す。なお、この出水時で採水観測を行っていない小櫃川と中川では  $D_{50}$  は記載されていない。神田川では、流量は短時間で増減し、流域面積と比べてピーク流量は大きい、という都市河川特有の特徴が見られる。また、SS は他の河川と同様に流量ピーク前に最大となるファーストフラッシュ現象が現れ、その最大値は 198mg/l である。 $D_{50}$  は洪水初期に大きく ( $\approx 30\mu\text{m}$ ) その後漸減傾向であり、他の河川と異なる。一方、小櫃川では、洪水継続時間は神田川同様短いが、流量と比べて SS ピークが 3 番目に大きく ( $\approx 487\text{mg/l}$ )、土砂生産性が高いことが伺える。

(2) $LQ$  式の特徴と無次元  $LQ$  式の作成：各河川観測地点において、SS フラックスに関する  $LQ$  関係の生データ及びそれに基づいて得られた無次元  $LQ$  式を図 2 に示す。ここで、荒川では笹目橋のデータを用いる。無次元  $LQ$  関係より、低水時では、 $L$  の大きさは、小櫃川>江戸川 $\approx$ 多摩川 $\approx$ 荒川 $\approx$ 中川>隅田川 $\approx$ 神田川である。一方、出水時では、神田川>江戸川 $\approx$ 多摩川>荒川 $\approx$ 中川 $\approx$ 隅田川<小櫃川となり、神田川と小櫃川は平常時と出水時で大きく異なる。

(3)無次元  $LQ$  式の推定精度：このような  $LQ$  関係で得られた出水時の無次元  $LQ$  式における係数  $b$  は、土地利用特性と何らかの関係があると考えられる。そこで係数  $b$  と複数の流域情報の線形の重回帰分析を行う。対象項目には、Case1 では流域の山林率と市街地率、Case2 では流域面積と山林率・市街地率、Case3 では山林率と市街地率・平常時係数  $b$  を用いた。各河川に係数  $b$  の実測値を 3 ケースの推定値と比べると (図 3)、各推定値の誤差は Case1 では  $\pm 19\%$ 、Case2 では  $-71\sim+24\%$ 、Case3 では  $-67\sim+45\%$  となり、以下では精度の良い Case1 を用いて東京湾への浮遊土砂供給量の算出する。

(4)東京湾への浮遊土砂供給量：図 4 は 1997 年から 2008 年における年間土砂供給量の経年変化を示す。ここでは、上記の 10 河川毎に分けて表示している。10 河川の中では、江戸川、多摩川、荒川の結果が顕著である。また全河川合計値は  $0.55\sim 6.19 \times 10^6 \text{ ton}$  と大きく増減しており、大出水が生じた 1999、2001、2007 年では突出した土砂輸送量が観測されている。現在、内湾管理上「陸域からの流入負荷は減少している」ことが前提として語られているが、この結果から少なくとも浮遊土砂や栄養塩・有機物等の懸濁態成分の流入量は減少している傾向はないことが明らかとなった。

参考文献:1)環境省：透明度の目標値について、2010、2)重田ら：水工学論文集、Vol.52、pp913-918、2008、3)二瓶ら：海岸工学論文集、Vol.54、pp1221-1225、2007。

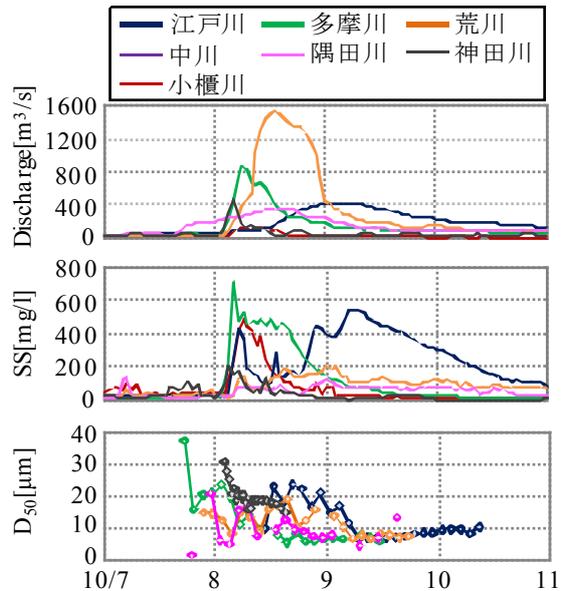


図 1 台風 0918 号出水時の流量 (上) と SS (中)、中央粒径  $D_{50}$  (下) の時間変化

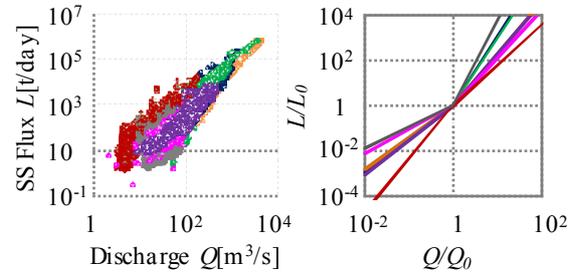


図 2 SS flux に関する各河川における  $LQ$  関係 (左) と無次元  $LQ$  式 (右)

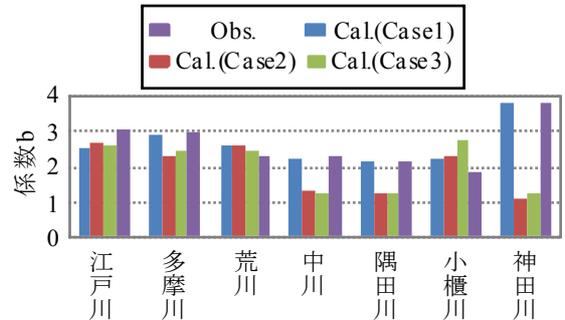


図 3 係数  $b$  に関する 3 ケースの推定値・測値の比較

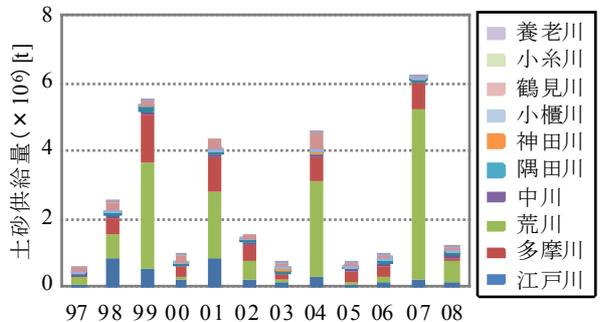


図 4 1997~2008 年における東京湾への浮遊土砂供給量の経年変化