

多摩川水系のウォッシュロード供給源に関する多角的検討

武川 一樹・二瓶泰雄・田中 健太郎（東京理科大学）

1. はじめに

富栄養化問題が長年解決しない東京湾では、水質総量規制の遂行や干潟環境の創出・再生等の陸域・海域対策プログラムを包括的に推進していく必要がある。そのためには、流域から河川、沿岸にわたる水・土砂・栄養塩・有機物・ゴミ動態に関わるモニタリングネットワークを構築し、現状の水・物質循環を把握するとともに、流域の土地利用改変や土木事業等による環境インパクトに対する水域環境のレスポンスを評価する必要がある。著者らは、行政による環境モニタリングの不十分な土砂や水質環境に着目して、東京湾主要流入河川において濁度連続観測や出水時水質調査を中心とした陸域環境負荷モニタリングネットワークを構築しつつあり、既に4年以上のデータを蓄積している地点もある（田中・二瓶¹⁾）。このうち土砂動態に関しては、陸域から東京湾への流入負荷計測に重点を置いていたため（重田ら²⁾）、流域内の土砂動態マップ作成には取り組めておらず、流域のどの場所からどの程度土砂が発生・流出しているかは不明である。本研究では、埋立・栈橋方式の東京国際空港D滑走路が完成した多摩川の流域に着目し、栄養塩のキャリア（運搬物質）となり得るウォッシュロード供給源を推定することを試みる。そのため、本川・支川での濁度連続調査や蛍光X線による底質分析を行い、流域内の土砂動態マップを作成する。

2. 研究方法

（1）流域概要：多摩川は、図1に示すように、上流部に小河内ダムがあり、途中、秋川や浅川、野川等が流入して東京湾に注ぐ全長138km、流域面積1240km²の一級河川である。土地利用特性としては上流部には山林が、中・下流域には市街地がそれぞれ卓越する。

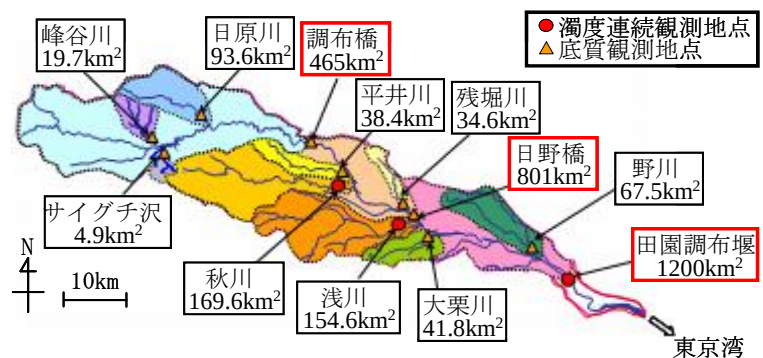


図1 多摩川流域図及び観測地点

（2）濁度連続観測：本川の順流部末端・田園調布堰（河口より+13km）、支川の浅川・高幡橋（多摩川合流地点から+2km）、秋川・東秋留橋（同+3km）の3地点にて光学式濁度計（Compact-CLW または Infinity-Turbi, JFE アドバンテック(株)製）を設置し、濁度連続観測を行った（図1）。観測期間は、多摩川では2006/7/31より現在、浅川では2010/9/3～11/4、秋川では同年8/16～12/8である。濁度からSSへの換算係数は多摩川での採水結果（ $SS[mg/L] = 1.79 \times \text{濁度}[FTU]$ ）を用いる。これらのデータより、浮遊土砂輸送量 L と流量 Q の関係式（ L - Q 式）や、それぞれを流域面積で除した L' - Q' 式を作成し、流域内の観測データの無い河川の土砂輸送量を求める。なお、 L' - Q' 式を算出するには、田中・二瓶¹⁾を参考にして、ある流量範囲で移動平均した結果を用い、かつ、低流量と高流量では L' - Q' 式の傾きが変化していたので、これを分ける閾値（多摩川：50m³/s、浅川：13m³/s、秋川：10m³/s）を境に各河川で2つの L' - Q' 式を算出する。

（3）底質分析：濁度観測とは別の観点でウォッシュロードの起源を推定するために、多地点における河川底質（細砂や礫）を採取し、蛍光X線分析を行って底質中に含まれる元素の割合を求める。観測地点は、図1に示すように本川3地点、支川9地点である。この分析には、全自動蛍光X線分析装置（Magix PRO, フィリップス社製）を用いる。分析結果に対してクラスター分析を行い、河床材料の構成元素の類似性を見出し、濁度観測結果と合わせてウォッシュロードの起源を探る。

3. 結果と考察

（1）比土砂輸送量 L' と比流量 Q' の関係：本川と支川における土砂輸送特性を比較するため、比土砂輸送量 L' と比流量 Q' の相関関係を図2に示す。ここでは、観測データの特徴を抽出するために、生データに対して移動平均操作を施し、移動平均データへの近似式（ $L' = aQ'^b$, a, b : 係数）を示すと共に、得られた係数を表

1に示す。また、典型的な都市河川の一つである神田川の結果も表示する（田中・二瓶¹⁾）。これより、多摩川と秋川、浅川の L' - Q' 関係は概ね類似していると共に、同一比流量の L' は神田川の結果よりも大きく、山地域を抱える多摩川と秋川、浅川の土砂輸送量が卓越していることが分かる。また、4つの河川共に L' - Q' 関係の傾きは低流量時と高流量時で異なっており、多摩川や神田川では、高流量時の係数 b が低流量時を上回る一般的な結果であるが、秋川や浅川は逆の傾向となり、興味深い結果である。これは、低流量時には、洪水初期のSS輸送量増加（ファーストフラッシュ現象）が反映されているためである。

（2）土砂動態マップの作成：これらの L' - Q' 関係を用いて、流域全体からの浮遊土砂輸送量を推定して得られた土砂動態マップを図3に示す。ここでは2006～2009年を対象に、本川下流部（田園調布堰）と秋川、浅川では表1の係数 a , b を用い、流量データがある大栗川では土地利用特性に近い神田川の係数を与えて L' - Q' 式より土砂輸送量を求める。流量データが無い残りの河川では土地利用近い河川の土砂輸送量に流域面積比を掛けた結果を与える。なお、本川・上流部（調布橋）では小河内ダムでの土砂トラップを考慮し、ダム流域以外の残留域（203km²）からのみ土砂輸送があるとする。これより、本川下流部の浮遊土砂輸送量（=18.3 万 t/year）を基準にすると、本川上流部では18%，支川の山林河川（秋川、浅川、平井川）では28%，都市河川（上記以外の支川）では21%となる。残りの32%は河道内からの供給量であり、本川下流部への土砂輸送量の起源としては、本川上流部よりも山林河川や本川河道部が大きく寄与する。

（3）底質起源推定：底質中の細砂における蛍光 X 線結果をクラスター分析したものを図4に示す。これより、本川下流部（田園調布堰）に堆積する細砂は、本川中流部（日野橋）や山林河川（秋川、浅川、平井川）と類似しており、本川上流部や大栗川等の都市河川とは類似性が低い。また、本川上・中・下流部における細砂と礫の全構成元素割合の差のRMS値を求めた結果（表2），RMS値は下流に行くほど小さいため細砂と礫の成分が下流ほど似ている。上記より、本川下流部のウォッシュロードの主な供給源は山林河川流域や本川河道内が挙げられ、後者には出水時に礫同士が衝突し微細土砂が生産されている事が示唆された。

参考文献

1) 田中健太郎，二瓶泰雄：水工学論文集，Vol.55，pp.1327-1332，2011。
 2) 重田京助ら：水工学論文集，Vol.52，pp.913-918，2008。

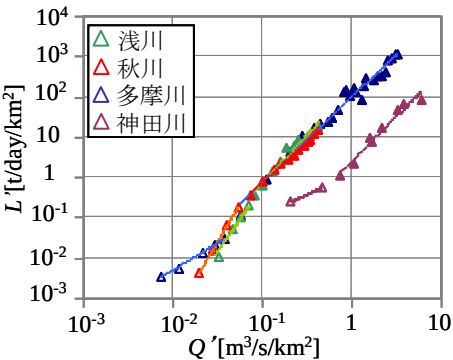


図2 比土砂輸送量 L' と比流量 Q' の相関図
 （白抜き：低流量時，黒塗り：高流量時）

表1 L' - Q' 式の係数

河川	低流量時		高流量時	
	a	b	a	b
多摩川	2.72	1.36	103.90	2.11
浅川	1175.00	3.26	186.33	2.39
秋川	10259.00	3.71	84.05	2.04
神田川	1.28	1.03	2.59	2.25

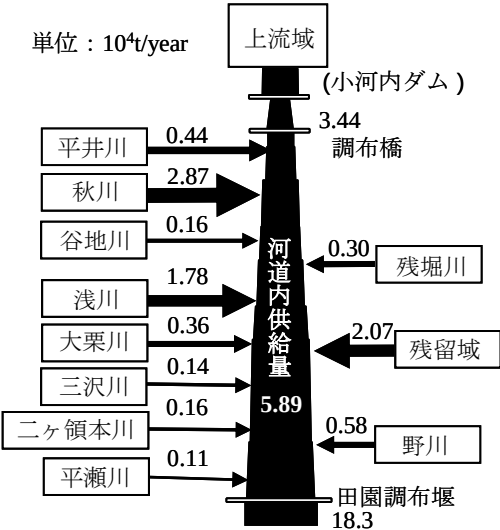


図3 流域土砂動態マップ（2006～2009年）

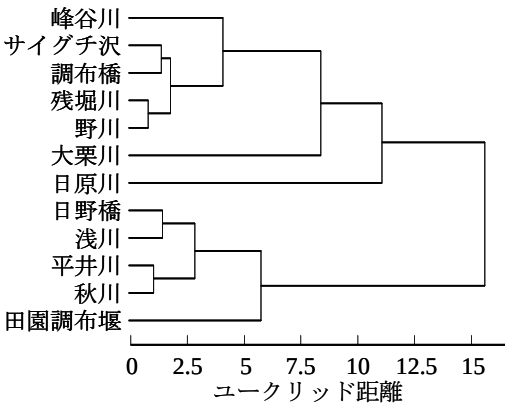


図4 細砂の蛍光 X 線分析結果

表2 細砂と礫の元素成分の RMS 値

河川名	RMS値
調布橋	2.94
日野橋	1.81
田園調布堰	0.38