

富栄養化湖沼流入河川下流域の土砂動態に関する長期連続観測と数値解析

日揮(株)	非会員	大関	雅文
東京理科大学	正会員	○二瓶	泰雄
東京理科大学	学生員	福地	正宗

1. 序論

富栄養化湖沼の水環境管理のためには、流域からの流入負荷に関する精度の良いモニタリング及びモデリングを実施することは不可欠である。流域から河川経由で湖沼へ流入する総負荷量をモニタリングする上では、河川と湖沼の接続点を観測点として選定する必要があるが、通常、湖沼水位・水質の影響の小さい上流側の地点（一般観測点）で負荷量調査が行われている。この場合、接続点と一般観測点の流入負荷が同一ならば問題ないが、横流入がない場合においても、河川下流域では土砂・水質環境が水理条件により流下方向に大きく変化することが指摘されている^{1), 2)}。そこで本研究では、富栄養化湖沼の流入河川下流域における土砂動態を把握するために、約8ヶ月間にわたる長期連続土砂動態観測や土砂輸送シミュレーションを行うことを試みる。観測結果により、河川下流域の一般観測点や接続点における土砂輸送量を一降雨毎、月などの様々な時間スケールで比較する。また、数値シミュレーションを介して、河川下流域を対象とした土砂輸送解析において具備すべき条件の一端を明らかにする。

2. 土砂輸送量に関する長期連続モニタリング

(1) 観測概要

土砂輸送量に関する長期連続調査は、図-1に示すように、千葉県・手賀沼に流入する大堀川下流域から沼内の4地点において実施された。河川下流域の Stns.1, 2 は、河口と湖沼の接続点 (Stn.3) から上流に 1.5km, 0.6km, 沼内の Stn.4 は接続点から東側に 0.4km に位置する。観測期間は、Stns.1, 3, 4 では 2005 年 6 月から 2006 年 2 月まで、Stn.2 では 2005 年 6 月から 2 ヶ月間とする。測定項目は濁度と水位であり、濁度計測には光学式濁度計 (Compact-CLW, アレック電子(株)製) を用いる。

(2) 観測結果と考察

降雨時における土砂輸送量の時間変化の一例を図-2に示す。これより河川内の Stns.1 ~ 3 の SS の大小関係としては、Stns.1 と 2 に比べ Stn.3 の SS が大きくなっている。Stn.1 から Stn.3 の間では横流入がないことから、この降雨時では Stn.2 から Stn.3 において河床堆積物の巻上げプロセスが顕著であったものと考えられる。また、沼内の Stn.4 における SS は、河川内の他の地点よりも小さく、接続点より流出した懸濁物質の大部分は接続点近傍に沈降している。このように降雨時には SS の流下方向変化が大きいため、一般観測点 (Stn.1) と接続点 (Stn.3) における流入負荷特性が同一となっていないことが伺える。

より長い期間にわたり下流域の流入負荷特性の大小関係を調べるために、一般観測点 (Stn.1) と接続点 (Stn.3) における SS フラックスの累積値 $\int Ldt$ の時間変化を図-3に示す。これより、累積 SS フラックスは大きな降雨イベント毎 (同図中矢印) に著しく増加しており、降雨時における SS フラックスが平常時よりも顕著となっている。累積 SS フラックスを両地点間で比較すると、2005/7/26 の降雨イベント (矢印) までは両者の差は顕著でないものの、そのイベント時では Stn.3 における SS フ

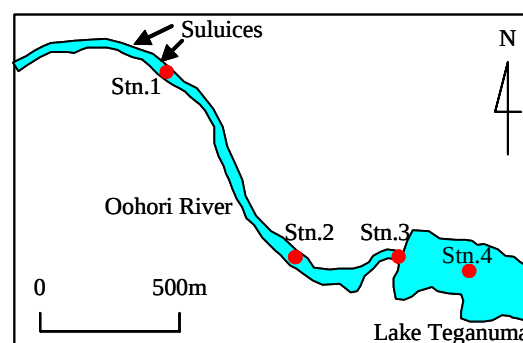


図-1 観測地点

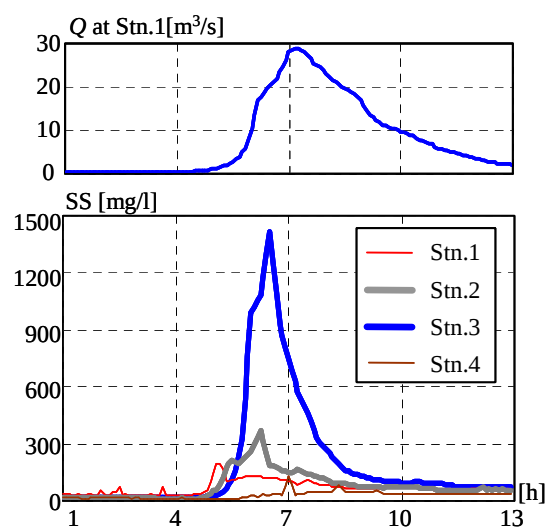


図-2 降雨時における土砂濃度の時間変化 (2005 年 7 月 26 日)

キーワード：流入負荷，土砂動態，富栄養化湖沼，都市河川

連絡先：〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 TEL：04-7124-1501 (内線 4031) FAX：04-7123-9766

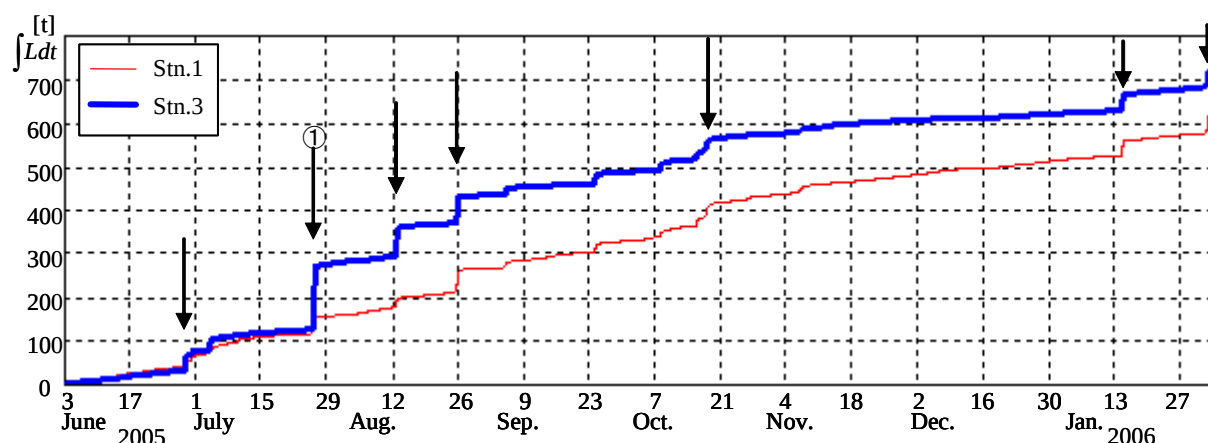


図-3 河川下流域（Stn.1 と Stn.3）における累積 SS フラックスの時系列変化

ラックスが Stn.1 の値よりも非常に大きいため（図-2），その後は Stn.3 の累積 SS フラックスが Stn.1 の値を上回る形で推移している．降雨イベントでは，全般的には，洪水規模の大きいときには Stn.3 の SS フラックスが大きく，洪水規模が小さいときには逆の傾向が見られる．また，平常時には Stn.1 の SS フラックスの方が大きい．以上の結果をまとめると，接続点（Stn.3）と一般観測点（Stn.1）における土砂輸送量は一降雨毎に大きく異なっていること（相対誤差：最大 80%，平均 34%），8 ヶ月間の平均値としても接続点における土砂輸送量の相対誤差は 15% となった．このように一般観測点と接続点では，降雨イベント時のような短い時間スケールから 8 ヶ月という長い時間スケールにわたり，有意な土砂輸送量の差が生じていることが明らかとなった．

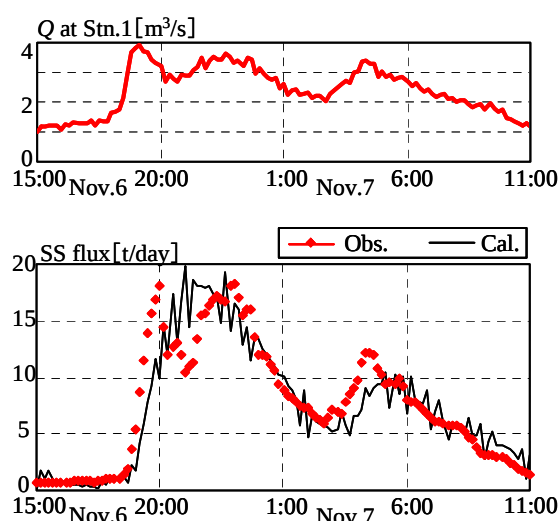


図-4 Stn.3 における SS フラックスに関する観測結果と計算結果（Case1）の比較（2005/11/6～7 における降雨イベント時）

3. 土砂輸送シミュレーション

（1）計算方法と条件

河川下流域における土砂輸送解析に必要な条件を示すために，同じ大堀川下流域（Stn.1 から Stn.3 までの区間）における平面二次元土砂輸送解析を行う．用いる数値モデルは，著者らが開発している，河道平面形状を合理的に表記可能な水平座標系に基づく河川流モデル³⁾である．計算対象期間は，2005/11/6～7 の降雨イベントとする．ここでは，土砂輸送解析に重要と考えられる底質巻上げフラックスの空間変化と計算格子解像度に着目し，格子数 48×43 ，5 地点の実測巻上げ量を与える条件を Case1 とする．これを基準に，巻上げ量を変化させる場合（Case2：2 地点，Case3：1 地点）と横断方向格子数を変える場合（Case4： 48×17 ，Case5： 48×5 ）という計 5 つの条件を設定した．

（2）計算結果

ここで用いた河川流モデルの妥当性を検証するために，Stn.3 における SS フラックスの観測値と計算値を図-4 に示す．これより，計算結果は観測値と良好に一致しており，また，総 SS フラックスの相対誤差は 7.4% であり，実態に則した巻上げフラックスを与えている本モデルの有効性が示された．次に，巻上げ量の与え方を変化させたときの総 SS フラックスの相対誤差としては，Case2 では 49%，Case3 では 65% と非常に大きな誤差が生じている．また，計算格子数を変えた場合，Case4 と Case5 の相対誤差はそれぞれ 14%，22% となり，格子解像度が粗くなると計算誤差も増えている．このように，環境勾配が大きい河川下流域では，巻上げフラックスの実測データや河床せん断力を正確に表すために重要な格子解像度，という巻上げフラックス評価に重要な項目に配慮して土砂輸送シミュレーションを行う必要があることが明らかとなった．

参考文献

- 1) Fukushima, T. et al., *Jpn. J. Limnol.*, Vol.52, No.1, pp.13-26, 1991, 2) 山崎ら：水工学論文集，Vol.48，pp. 1489-1494，2004，3) 山崎・二瓶：土木学会論文集，No.803 / -73，pp.69-80，2005．