

## 印旛沼流域における市街地面源負荷の排出・流下調査

東京理科大学 学生員 ○吉田拓司, 正会員 二瓶泰雄

東京工業大学 非会員 柴田秀爾

パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 上原 浩

### 1. 序論

富栄養化湖沼である千葉県の手賀沼は、北千葉導水事業の本格稼動に伴い水質環境は大幅に改善されつつある一方、同県印旛沼の水質環境は横ばいか若干悪化傾向である。この主要因として、流域の都市化や人口集中、産業構造の変化により、市街地や農地からの面源負荷の増加や、アスファルト面等の不透透面の増加に伴う雨水浸透量の減少や湧水の枯渇などが挙げられる。印旛沼流域に位置する加賀清水は、かつては水の少ない台地の中で貴重な水源地となっていたが、集水域の大部分が市街化され冬期には湧水が枯渇することも見られ、上述した印旛沼の水環境問題を象徴するサイトと言える。本研究では、この加賀清水集水域において問題視されている市街地起源の面源負荷の排出・流下過程を明らかにすることを試みる。ここでは、面源負荷の排出調査として模擬降雨法<sup>1),2)</sup>により屋根面・路面上の土砂・栄養塩排出負荷調査を行い、また、流下調査として自記式濁度計等による土砂輸送量調査を行う。これらから、市街地流域から流下する面源負荷に対する路面・屋根面排出負荷の寄与率を推定する。なお、本研究は、印旛沼再生策として千葉県が行う「印旛沼流域水循環健全化緊急行動計画」の「みためし行動」の一部として行われている。

### 2. 現地観測方法

加賀清水は印旛沼南西部に位置する湧水池であり、表面流出水の集水域と地下水の涵養域の面積は、12.7ha、16.3ha と異なる(図1)。加賀清水とその周辺は「みためし行動」の重点モデル地域となっており面源負荷調査に加えて、湧水量・地下水位調査や雨水調整池(加賀清水調整池)を利用した面源負荷削減調査等を行っている。

本論文では、模擬降雨法による路面・屋根面堆積負荷調査、集水域下流端における面源負荷の流下量調査、という現地観測を行った。この調査では、降雨流出状況を模擬した形で路面・屋根面堆積物を採取するために、著者らが提案している模擬降雨法を採用する。調査地点は、図1に示すように、路面1地点、屋根面に関しては住宅地内1地点(Stn.R1)、国道296号線脇の空き地内2地点(Stn.R2-1, R2-2)を設定した。屋根面調査点には模型屋根(1.30×1.75×1.35m)を2基ずつ設置した。観測期間は2006年9月1日から2007年2月5日であり、観測頻度は概ね週3回であった。この調査のサンプル水に対して濁度(WQC-24, 東亜ディーケーケー(株)製)、SS(ガラス繊維ろ紙法)、粒径分布(SALD-3100, 株式会社島津製作所製)、T-P・T-N(swAAt, BLTEC(株)製)を分析した。得られた分析値を調査対象面積(路面: 0.045m<sup>2</sup>, 屋根面: 0.297m<sup>2</sup>)で割り単位面積当たりの堆積物量を算出し、求められた屋根面上の土砂、TN、TPをここではそれぞれ屋根面SS( $SS_{roof}$ )、屋根面TN( $TN_{roof}$ )、屋根面TP( $TP_{roof}$ )と呼ぶ。一方、流下量調査では、集水域末端の道路側溝2地点(図1中×印)に水位計(Diver, Eijkelkamp 社製)、自記式濁度計(Compact-CLW, アレック電子(株)製)を設置した。なお、側溝内では全幅堰を設置し、水位観測値から堰流量公式より流量を算出する。

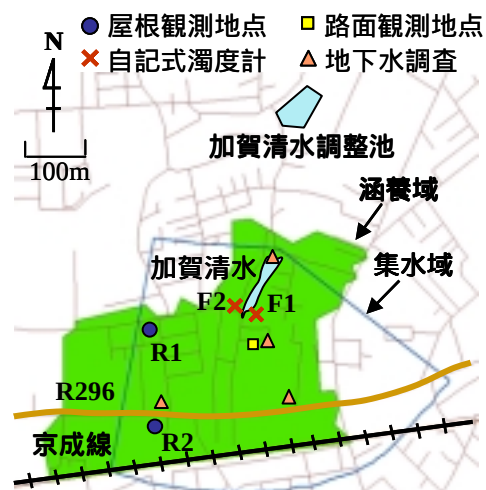


図1 加賀清水の集水域と観測地点

### 3. 結果および考察

#### (1) 屋根面排出負荷の非定常変化

屋根面排出負荷の非定常挙動を捉えるために、住宅地内(Stn.R1)における日雨量と屋根面SS、TPに関する時間変化を図2に示す。屋根面SSに関しては、降雨時直後に大きく減少し、その後の無降雨

キーワード：面源負荷，屋根面堆積負荷，路面堆積負荷，印旛沼，市街地

連絡先：郵便番号 278-8510 千葉県野田市山崎 2641 TEL: 04-7124-1501 (内線 4069)

期間中に緩やかに増加し、二瓶ら<sup>2)</sup>の結果と類似している。次に屋根面 TP に関しては、屋根面 SS と同様に、降雨イベントと対応して変化している。屋根面 SS と TP、及び屋根面 SS と TN に関する相関関係を検討した結果、次に示す近似式が得られた。

$$TP_{roof} = 0.000920 \times SS_{roof} \quad (1a)$$

$$TN_{roof} = 0.002597 \times SS_{roof} \quad (1b)$$

ここで、式中の単位は  $g/m^2$  である。屋根面上の P や N は懸濁態物質起源が大部分であるため、上式のような良好な相関関係が得られたものと考えられる。また、二瓶ら<sup>2)</sup>にならって、屋根面 SS と SPM の沈着フラックスの累積値  $\Sigma D_{SPM}$  の相関関係を調べたところ、次の相関式が得られた。

$$SS_{roof} = 0.198 (\Sigma D_{SPM})^{0.656} \quad (2)$$

ここでも単位は  $g/m^2$  である。以上より、式(2)により大気環境データ (SPM) から屋根面 SS を推定できることに加えて、式(1)と得られた屋根面 SS から屋根面 TP, TN を算定することが可能となる。この手順により推定された屋根面 SS と TP を図2中の実線で示す。推定結果は概ね観測結果と一致しており、この手法により屋根面から排出される土砂・栄養塩負荷を精度良く評価し得ることが示された。

## (2) 集水域全体の SS 負荷に対する屋根面負荷の寄与

このような屋根面排出負荷の、集水域全体からの流量への寄与率を見るために、Stn.F1 での流量調査により得られた流量及び SS フラックスの累積値の時間変化を図3に示す。図中には、上述した屋根面排出負荷の累積値についても表示している。これより、降雨イベント毎に流量と SS フラックスは大幅に増加し、約3ヶ月間に流下した SS は 281kg に達した。この時の屋根面 SS の累積値は 31kg であり、全体の11%の寄与率となっている。過去十年の平均雨量を用いて、これらの結果を原単位に換算すると、集水域全体は  $11.2t/km^2/year$  であり、手賀沼の主要流入河川である大堀川の流域全体の  $1/4$  程度である<sup>3)</sup>。また、屋根面 SS については  $4.02t/km^2/year$  となり、集水域平均の  $1/3$  程度となっている。集水域からの残りの寄与は路面であると考えるため、この集水域における路面 SS の原単位は  $14.4 t/km^2/year$  となる。

## (3) 出水時におけるファーストフラッシュ現象

図4は Stn.F1 における出水時 (2006/10/22~25) の流量と SS の時間変化を示す。このとき、流量ピークは複数回にわたって発生しているのに対して、SS のピークは、流量がそれほど増加していない降雨初期に現われており、顕著なファーストフラッシュ現象が生じていることが分かる。このように、都市域における汚濁物質輸送には、ファーストフラッシュ現象の寄与が大きいことが示された。

**謝辞：**本研究では、千葉県県土整備部の方々には現地観測において様々な便宜をはかって頂いた。ここに記して深甚なる謝意を表す。

**参考文献：**1) 二瓶ら：水環境学会誌，Vol.29，No.5，2006。2) 二瓶ら：水環境学会誌，Vol.29，No.11，2006。3) 二瓶ら：水工学論文集，Vol.51，2007。

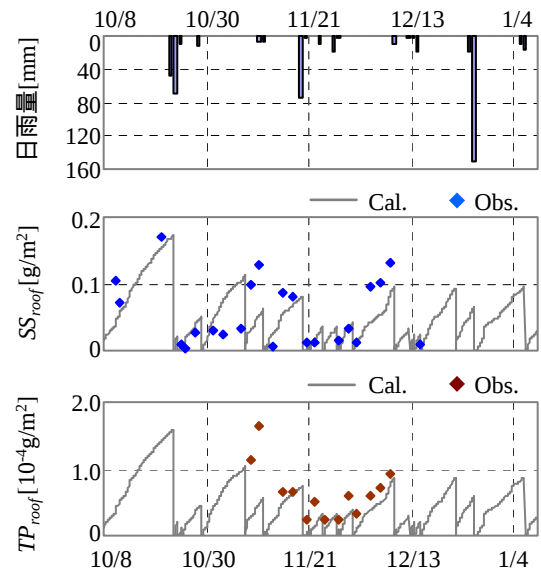


図2 日雨量と屋根面 SS・TP の時間変化 (Stn.R1)

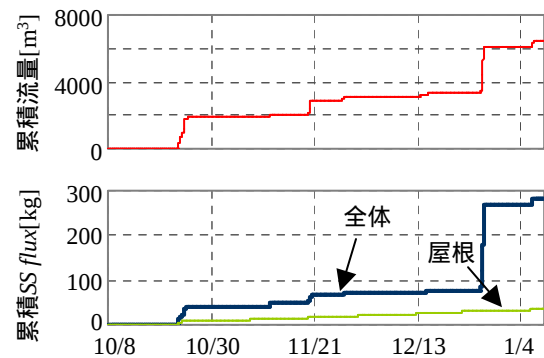


図3 流量と SS フラックス (集水域全体及び屋根) の累積値 (Stn.F1)

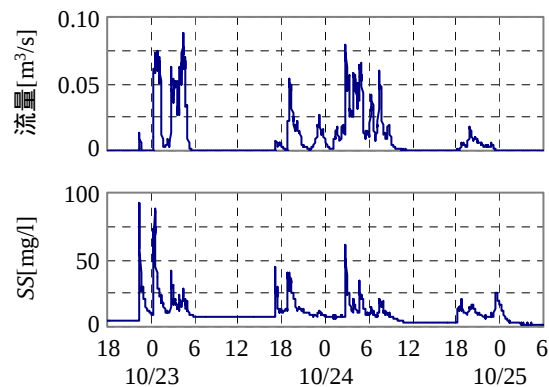


図4 出水時の流量と SS の時間変化 (Stn.F1)