

都市雨水排水系統を介した汚濁物流出のシミュレーション解析 -琵琶湖南湖流域を事例として-

立命館大学大学院 学生会員 ○橋本幸介

立命館大学 正会員 市木敦之, 日鐵商事 竹内洋平

1 はじめに 都市雨水問題をはじめとする雨水流出や汚濁物流出は、都市域の環境を整備する上で基本的な課題である。琵琶湖南湖は、近年流域の都市化が著しく、琵琶湖からの流出河川である瀬田川の近くに位置していることから、流域から流出する都市域ノンポイント負荷の実態について把握している必要がある。本研究では、分布型汚濁物流出モデルである SWMM に実態調査から定めたモデルパラメータを用いることにより、琵琶湖南湖流域（大津市・草津市・守山市）における異なる複数の排水区の雨水排水系統を対象とした、降雨時汚濁物流出シミュレーションを行った。

2 研究の方法

2.1 研究対象地域 琵琶湖南湖へ流出する排水域は、大津市（大津処理区・湖南処理区・湖西処理区・膳所処理分区・大津処理分区）・草津市・守山市に含まれている。研究対象地域の概要を図1と表1に、また、不浸透域面積率およびシミュレーションに用いたノード数を表2に示す。排水区に占める市街地面積の比率は、どの市においても50%前後であり、全体平均で48.0%である。また、不浸透面積率は、どの市においても30%弱から40%強である。他に比べ大津市の不浸透域率が低い値を示しているのは、湖西に山地を含む大津市の市街地面積比率が他に比べて低いためである。対象とした排水区の中に水田域が散在しているものがあり、流出雨水が水田排水路や在来水路に放流されるなど、複雑な雨水排水系統網を形成している。なお、排水区および雨水管渠に関する情報は、「排水施設・区画割平面図(雨水)」および「流量計算書(雨水)」より整理して用いた。

2.2 解析方法 解析には1994年11月1日～1995年10月31日草津市における実測値の降雨データを用い、同期間のシミュレーションを行った。シミュレーションに用いた対象降雨の概要を表3に示す。降雨の入力

は、10分間の降雨強度として行い、SWMMによる計算の時間ステップは1分間隔とし、出力は60分間隔とした。SWMM上で、各排水区の下水道管・マンホール・集水域を整備し、琵琶湖南湖への流出負荷についての年間シミュレーション解析を行った。SWMMからの出力結果として、60分間隔で水質(SS/TN/TP/COD)および流量が得られ、それらから負荷量が算定される。

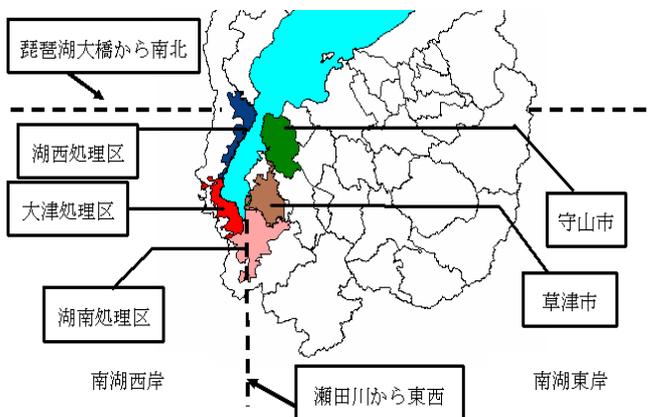


図1 研究対象域の位置関係

表1 研究対象排水域の面積及び土地利用

排水区名	住居系建物	商業系建物	工業系建物	幹線道路	面積 (ha)					合計
					田	畑	山林	面積割合 (%)		
草津市	474.1	485.8	425.9	30.4	979.4	69.3	243.8	2708.8		
	17.5	17.9	15.7	1.1	36.2	2.6	9.0	100.0		
大津市	1368.0	2227.0	477.6	143.1	1334.4	56.8	3424.6	9031.5		
	15.1	24.7	5.3	1.6	14.8	0.6	37.9	100.0		
守山市	16.2	11.0	14.3	0.0	40.7	0.0	0.0	82.2		
	19.7	13.4	17.4	0.0	49.6	0.0	0.0	100.0		
琵琶湖南湖	1858.3	2723.8	917.7	173.5	2354.5	126.2	3685.5	11822.4		
	15.7	23.0	7.8	1.5	19.9	1.1	31.0	100.0		

表2 研究対象排水域の不浸透域面積率及びノード数

排水区名	不浸透面積率 (%)		ノード数
	灌漑期	非灌漑期	
草津市	41.2	35.2	422
大津市	31.9	29.6	3409
守山市	43.8	35.5	156
琵琶湖南湖	34.1	30.9	3987

表3 解析に用いた降雨データの概要

総降雨量(mm)	1431
降雨開始時刻	1994/11/1 0:00
降雨終了時刻	1995/11/1 0:00
最大降雨強度(mm/h)	26.0

キーワード：降雨時流出，面源負荷，都市雨水排水系統，シミュレーション解析，琵琶湖

〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1 立命館大学 理工学部 TEL 077-561-2804 FAX 077-561-2667

3 結果と考察

1994年11月1日～1995年10月31

日における年間シミュレーション結果を変動図にして図2に、これから算定される流出負荷原単位を表5に示す。河川への降雨時流出成分は、表面流出、中間流出および基底流出の3成分より成る。このうち、SWMMによって主として計算されるのは、表面流出成分である。また、数値フィルターを実測負荷量の時系列データに適用すると、河川負荷量に占める表面・中間流出成分の比率が求められる(表6)²⁾。いずれの値もおおむね90%以上あり、降雨時における河川負荷量のほとんどが表面・中間流出成分として流出したものであることがわかった。1995年5月の実測値及びSWMMによる計算値を一降雨積算流出量として整理し、実測値の一降雨積算流出量にこれらの比率を乗じることにより、降雨毎の表面・中間流出負荷量を算定し、SWMMにより計算された表面流出負荷量と比較したものが図3である。SSの再現性が比較的劣るものの、表面流出成分だけに特化して議論する場合、流出負荷量の再現性もオーダーレベルでは満足いくものであることがわかる。このことから、SWMMでのシミュレーションは一定の再現性を得ていると考えて、以下考察する。シミュレーション結果変動図では、SS・COD負荷量は、TN・TP負荷量に比べ、降雨強度の大小に関わらず、ある程度一定の負荷量を流出している。TN・TP負荷量では、降雨強度に比例するように、負荷量を流出している。また、琵琶湖南湖へのノンポイント流出負荷原単位では、どの市においても、COD負荷量は100kg/ha強、TN負荷量は20kg/ha前後、TP負荷量は1.0kg/ha強、流量は8000m³/ha前後である。これに対し、SS負荷量は、守山市が2414.0kg/haとなっており、他のおよそ2倍の値を示している。これは守山市の土地利用において、水田の比率が他と比べ高いためであると考えられる。このように、流出負荷の起因として、単に降雨量の増加や、排水域の大小に応じた負荷量の増加だけではなく、排水区の構造が大きく作用しているものと考えられる。

4 まとめ 都市域ノンポイント負荷の流出特性を定量的に把握するためSWMMによる降雨時流出シミュレーションを行った。琵琶湖南湖へ流出する排水域をモデル化し、年間を通しての汚濁物流出を算定することができた。

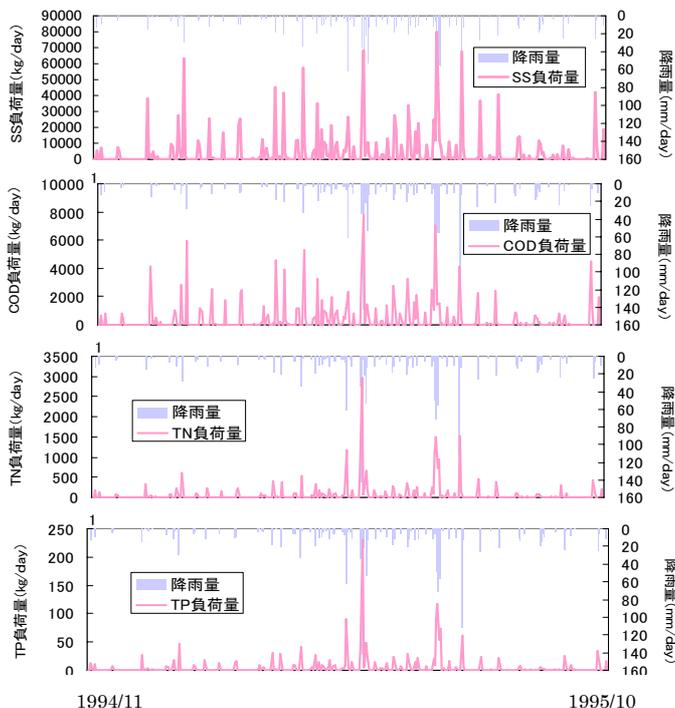


図2 シミュレーション結果変動図

表5 研究対象排水域のノンポイント流出負荷原単位

	守山市	草津市	大津市	琵琶湖南湖
SS負荷量(kg/ha)	2414.0	1216.3	1276.8	1270.8
COD負荷量(kg/ha)	101.6	123.3	118.3	119.3
TN負荷量(kg/ha)	18.8	20.8	19.4	19.7
TP負荷量(kg/ha)	1.5	1.2	1.5	1.4
流量積算値(m ³ /ha)	7514.7	8002.4	7920.3	7936.3

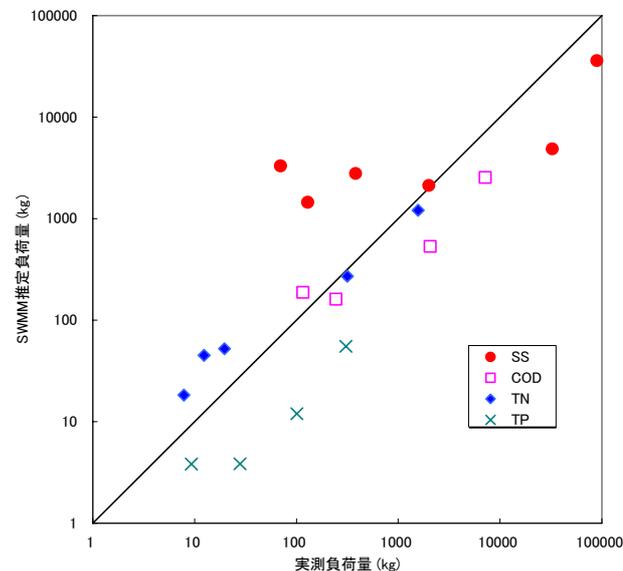


図3 一降雨負荷量における表面・中間流出成分と

SWMM 計算値の関係

表6 降雨規模別流出負荷量の表面・中間流出成分比率

降雨量 (mm)	表面・中間流出成分比率(%)			
	SS	COD	TN	TP
1~10	98.2	92.5	90.6	82.1
10~30	76.7	97.4	95.5	93.4
30~100	91.6	98.4	97.4	96.9
100~	99.1	99.6	99.1	99.2

参考文献 1) 市木・竹内：第41回日本水環境学会年会，2006，2) 市木・竹内：下水道研究発表会講演集，2006