ポイントソースに由来する環境堆積負荷量の推定手法とその適用に関する研究

立命館大学大学院　学生員　○佐々木暁人　㈱日本総合研究所　正員　山田友博
立命館大学理工学部　正員　市木敦之　天野耕二　山田淳

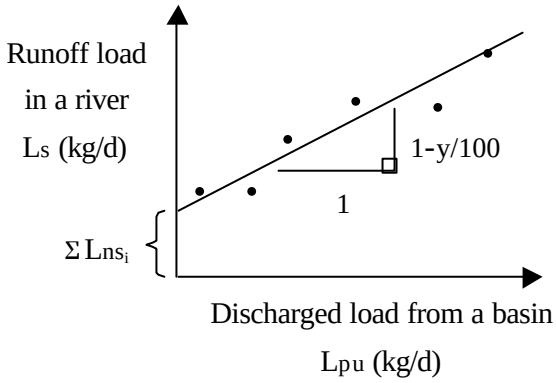
1．はじめに　下水道が充分完備していない流域のポイントソースで発生した汚濁物の中には、晴天時に流出する成分のほかに、排水系統網の中で移動と堆積を繰り返しながら環境汚泥として存在する成分も多い。こうした環境中における堆積汚濁は、降雨等の水理的掃流力を介して再び流出し、新たにディフューズソースとして受水域の水質に影響を及ぼしているものと考えられる。本研究では、このように発生源としてはポイントソースながら流出源としてはディフューズソースとして振る舞うポイント由来ディフューズ汚濁負荷量の推定手法について提案し、これを琵琶湖流域に適用することによって汚濁物の分布性状の予測を試みた。

2．環境堆積負荷量の推定方法　ポイントソースから排出された負荷量（Lpu）のうちｙ％が流域の排水系統網内に堆積すると仮定した場合、**図－1** に示すように、晴天時の河川負荷量（Ls）は、ポイントソース由来の流出成分（$Lpu\times(1-y/100)$）にディフューズソース由来の汚濁負荷量（ΣLns_i，iは個々のディフューズソースを指す）を加えた和とみなすことができる。今、ポイントソースをすべて市街地に、晴天時のディフューズソースを水田灌漑水の排水と山林からの基底流出分に帰着させて考えると、これら関係は比負荷量にして(1)式で定式化できる。

$$Ls/A=a_1(Lpu/A_1)(1-y/100)+a_2(Lns_2/A_2)+a_3(Lns_3/A_3) \quad \cdots\cdots (1)$$

ここに、A：流域面積(km^2)、A_i：土地利用 i の面積(km^2)、a_i：A_i/A(流域に占める各土地利用比率)、
ただし、i=1(市街地),2(田),3(山林)である。

ここで、流域におけるポイント負荷の堆積率（ｙ％）と、田および山林からの比流出負荷量（Lns_2/A_2、Lns_3/A_3）が、いずれも流域に依らず一定であると仮定し、加えて、非灌漑期には Lns_2/A_2 はゼロ、かつ灌漑期・非灌漑期とも Lns_3/A_3 は一定と仮定すると、実測した Ls/A と原単位を用いて算定した Lpu/A_1 や a_i(i=1,2,3)を(1)式に代入して、灌漑期・非灌漑期別に重回帰分析を行うことにより表－１のようなパラメータを得る。なお実測データには、琵琶湖流入河川 25 カ所における 1983～1998 年の流量・水質の測定データ[1)] を用いた。測定は、自治体によってほぼ月１回の頻度で、主として晴天時に行われた。ポイント負荷の堆積率



図－１　流域からの排出負荷量と河川負荷量の関係

表－１　(1)式による回帰分析結果

Index	Not irrigated				Irrigated			
	y (%)	L_{ns2}/A_2 (kg/d/km^2)	L_{ns3}/A_3 (kg/d/km^2)	Coefficient of determination	y (%)	L_{ns2}/A_2 (kg/d/km^2)	L_{ns3}/A_3 (kg/d/km^2)	Coefficient of determination
SS	61.08	0.000	4.652	0.378	62.68	38.776	4.652	0.559
COD	63.89	0.000	2.675	0.486	63.82	19.991	2.675	0.459
TN	46.70	0.000	1.726	0.423	50.50	2.713	1.726	0.619
TP	65.57	0.000	0.040	0.830	64.63	0.175	0.040	0.803

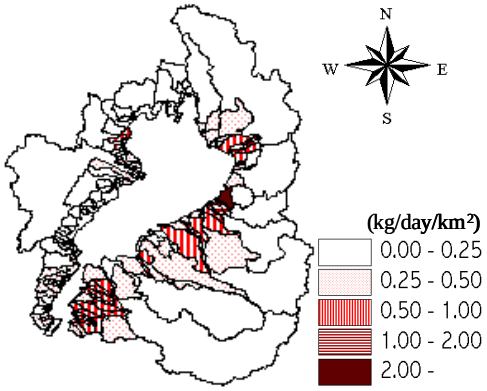
キーワード：GIS、環境堆積負荷量、晴天時／降雨時流出、琵琶湖、ポイント／ディフューズソース
〒525-8577　滋賀県草津市野路東 1-1-1　立命館大学理工学部　TEL 077-561-2804　FAX 077-561-2667

（y%）は、懸濁性の強い水質項目ほど大きく、かつどの水質項目においても灌漑期・非灌漑期ともほとんど同じ値となっている。表－1の値をパラメータとして(1)式に入力すると、河川における晴天時の比流出負荷量(Ls/A)や、晴天時に流域内に堆積して降雨によって流出する負荷量(Lpu×y／100)を算定することができる。

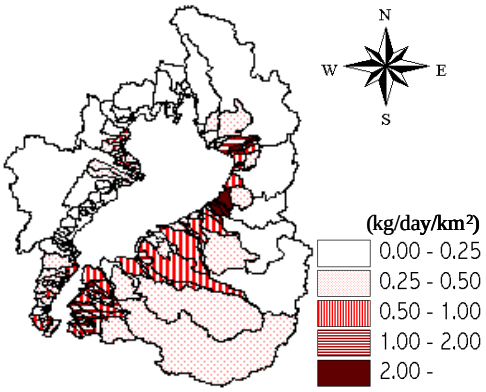
3．琵琶湖流域への適用　1995 年における琵琶湖流入河川の各流域フレーム値を用いて、流域から琵琶湖へ流入する晴天時の比流入負荷量（図－2）とポイントソース由来の比堆積負荷量（図－3）の算定を行った。図－2では、琵琶湖の西岸に比べて集水面積の大きい東岸側で比流入負荷量が大きいため、流入負荷量にすると東岸からのインパクトがたいへん大きいことがわかる。図－3では、元来、都市部が多く汚濁のポテンシアルが高いとされる湖岸沿いと、近年の都市化に比べて下水道の敷設が遅れている南湖東岸部における比堆積負荷量が大きくなっている。こうした汚濁物は、降雨を介して琵琶湖へ流入し、またその負荷量も大きいことから、流域管理上の課題となっていることがわかる。次に、本手法を用いて、下水道の整備進捗にともなって変化するこれら堆積負荷量の予測を試みた。ここでは、流域フレーム値を 1998 年に固定して、新たに下水道が整備された地域では、他の処理形態を利用していた人口が均等に下水道へ転換されていくというシナリオを設定した。なお、下水道整備は、2010 年度までの滋賀県の下水道事業計画（「公共下水道の整備計画調査（～H22)」）に沿って行われるものとしている。予測結果を比負荷量と負荷量にして図－4と図－5に示す。人口密度の高い南湖東岸における下水道整備効果が顕著であり、比堆積負荷量を現在の半分以下に削減できることがわかる。しかし、集水面積が広大な北湖東岸部においては、下水道事業終了後も一定の堆積負荷量が残る結果になった。

4．まとめ　発生源としてはポイントソースながら流出源としてはディフューズソースとして振る舞う汚濁負荷量の推定手法を提案するとともに、その適用例を示した。さらに検討を加えて、推定精度の向上を図りたいと考えている。本研究の一部には、科学研究費補助金（代表者：宗宮功京都大学大学院教授）の補助を得た。また土地利用データについて増田貴則氏（鳥取大学）のサポートを得た。各位に謝意を表する。

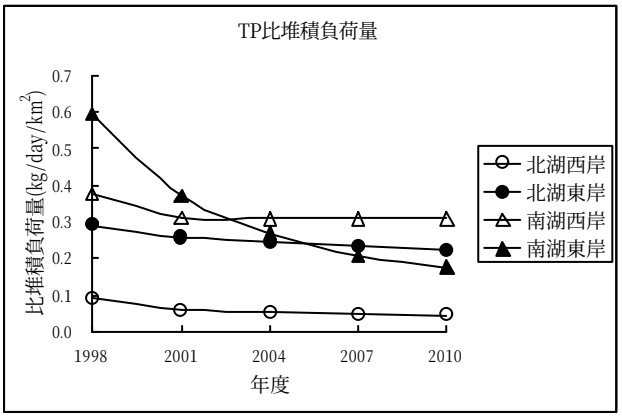
<参考文献> 1)滋賀県環境白書,1984-1999,　2)増田他:環境システム研究,Vol.27,1999.10



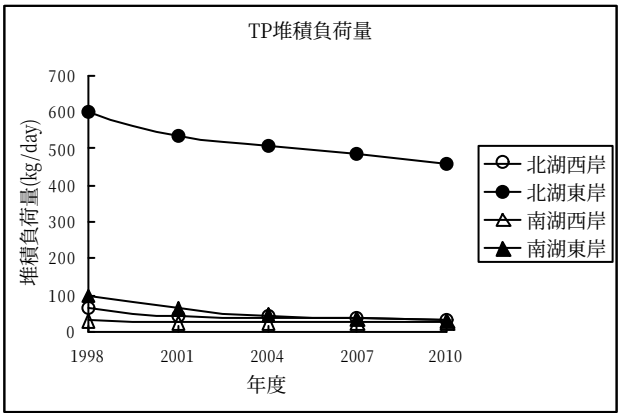
図－2　晴天時比流入負荷量（TP、1995 年）



図－3　ポイント由来比堆積負荷量（TP、1995 年）



図－4　ポイント由来比堆積負荷量の将来予測結果



図－5　ポイント由来堆積負荷量の将来予測結果