

都市化が進む中小河川水質に対する自動車交通の影響

九州大学工学部 学生会員 伴野雅之 九州大学大学院 学生会員 佐野弘典
 九州大学大学院 正会員 久場隆広

1. はじめに

すでに都市化している河川と比べ、今後都市化が進むことが予想される中小河川においては、現在の水・物質循環の変化により水環境に大きな変化が起こり、河川水質へ影響が及ぶことが懸念される。また、水環境保全のためには点源負荷よりも対策が遅れている面源負荷の流出を抑制することが重要である。特に大都市近郊の都市化が進んでいる流域では畜産や水田の減少に付随して都市域の拡大で水質への影響が大きくなり、河川水質が将来にわたって変化していく可能性が高い。そのような地域では都市計画を行う上で適切な水環境保全計画の提案が必要である。そこで本研究では、都市排水を対象を絞り、自動車交通起因の路面排水流出特性と年間流出負荷量の算定を行った。また、都市化による面源負荷汚濁物質の変遷と削減対策を提案した。

2. 研究手法

2.1 調査対象流域

調査対象流域は福岡県西部に位置し前原市瑞梅寺の井原山を源に糸島平野東部の農業地帯を流れ国道202号線沿いの前原市街地を通り、福岡市西区太郎丸・田尻を経て今津湾に注ぐ、全長13km、流域面積41km²の瑞梅寺川である(図1)。本流域は中下流域において農業や畜産が盛んであり、また将来的には農地・畜産の減少と共に九州大学移転に伴う都市化が予想されている。

2.2 現地調査

水質測定項目はSS、BOD、COD、TN、TP、NH₄⁺-N、NO₂⁻-N、NO₃⁻-N、PO₄³⁻-P、TOC、DOCである。都市化による交通量の増大に着目し、河川中流の池田(河口から4km)に架かる福岡前原有料道路から流出する排水を採水し自動車交通による路面排水の調査を行った。流量は、現地にて10Lの容器が満水になるまでの時間を測定し算出した。採水及び流量の測定間隔は流出開始直後は5分間隔、流量が安定した後は30分もしくは1時間間隔である。流量が増加した場合は再び5分間隔で行った。採水したサンプルは実験室にて水質を分析した。なお、この排水による負荷は全て自動車交通起因によるものとみなした。

2.3 GIS及びモデルによる汚濁物質発生負荷の推定

本流域の土地利用及び汚濁物質の排出量の分布状況及び総量を把握するため2002年の統計データをメッシュ化した。メッシュ化したデータは土地利用及び人口、三次産業人口、工業出荷額、畜産頭羽数等である。データのメッシュ化には、GISツール(ArcInfo)を利用した。この流域のデータベース化によって、原単位法を用い汚濁物質の排出負荷量を算定することが出来る。各原単位を用いて算定した本流域における発生活汚濁負荷量(図2)に占める非特定汚染源の割合はCOD:39%、TN:23%、TP:20%であり畜産と並び発生量が多く、今後都市化の進行に伴いさらに増加する可能性がある。また流達負荷との比較を行うために既存の研究により本流域を対象に構築されている水量・水質モデルやL-Q式を用いて流達負荷の算定を行った。

2.4 対象流域のゾーニング

本流域を53の小流域に分け、2.3で述べたメッシュ化された土地利用データから各小流域を主な土地利用形態ごとに森林、水田・畑地等の農地、都市域としてゾーニングした。その結果から流域を4つのゾーンに分け、ゾーンごとに負荷量の算定や将来予測を行うこととした。各ゾーンはZone1:森林地域、Zone2:農業振興地域、Zone3:国道202号線沿い都市化地域、Zone4:伊都キャンパス近郊農業地域である(図1)。Zone1,Zone2に関しては今後土地利用が大きく変化する可能性は低く、Zone3,Zone4に関しては都市化と共に土地利用が劇的に変化する可能性がある。次節において述べる年間流出負荷の算定手法(図3)にゾーニングを用いている。



図1 瑞梅寺川流域図 (土地利用ゾーン図)

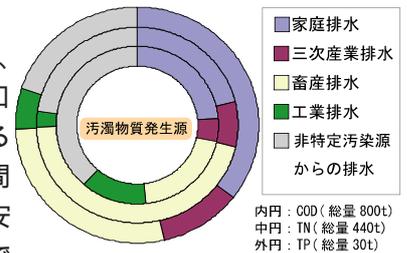


図2 本流域における汚濁物質発生源

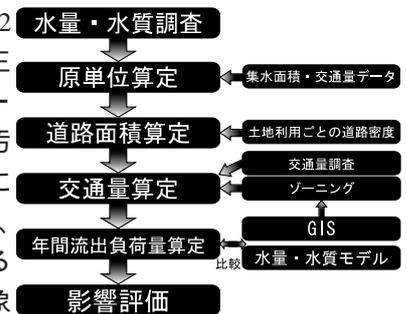


図3 算定フロー図

3. 結果及び考察

3.1 路面排水流出特性

2006年11月14日及び12月7日、13日に水量・水質観測を行った。一例として13日の調査における流量及びTN,TP,COD濃度の経時変化を図4に示す。水質に関してはいずれの水質項目においても流量に関わらず著しいファーストフラッシュ現象が見られた。平均水質に対するピーク時の濃度はSS:1.9倍、COD:2.5倍、TN:2.7倍であり、他の水質項目でも同様に高い値を示した。また流出開始から30分までにTN濃度は約54%減少した。全溶存態窒素に占める三態窒素の割合はNO₃⁻-Nが23~70%(平均45%)、NH₄⁺-Nが21~73%(平均50%)であり、NO₂⁻-Nは時間によらず低濃度であった。NH₄⁺-Nに関しては、調査日によって大きく濃度が異なった。これは降雨強度の違いや先行晴天日数にも起因すると考えられ、発生源としては自動車の排気対策装置によるものであるとの報告もある¹⁾。

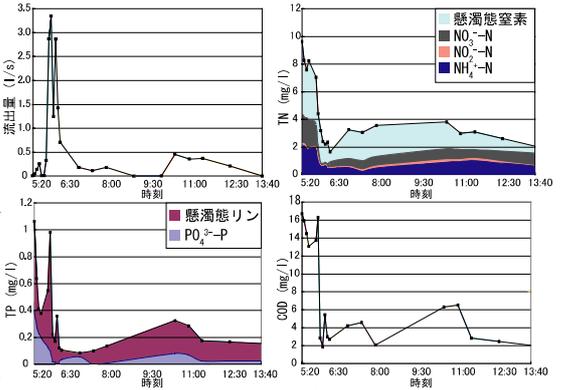


図4 福岡前原有料道路排水における流量と路面排水水質の経時変化 (2006/12/13)

3.2 自動車交通による年間流出負荷の算定

3.2.1. 原単位算出

まず前述の水質と流出量のデータを乗じ降雨イベントごとの負荷量を算出し、集水域の面積・日平均交通量から自動車交通起因の流出負荷原単位を算出した。採水を行った排水溝の集水域面積は3024m²であり、日平均交通量は福岡県道路公社から得た年交通量を平均し16,766台とした。また原単位は降雨イベントごとに変動があるため、幅を持たせて表した(表1)。その結果、NH₄⁺-Nを除いては1.1~3.3倍程度の幅があった。

表1 路面排水原単位及び年間流出負荷量

	年	TN	TP	COD
原単位(g/mm/km ² /台)	-	1.77×10 ⁻¹ ~2.00×10 ⁻¹	6.47×10 ⁻³ ~21.3×10 ⁻³	3.81×10 ⁻¹ ~5.90×10 ⁻¹
年間流出負荷量(t)	2004年	3.5~5.4	0.13~0.57	7.5~15.8
	2005年	2.0~3.1	0.074~0.33	4.4~9.2
	2006年	3.8~5.8	0.14~0.62	8.2~17.2
L-Q式を用いた年間流達負荷量(t)	2005年	5	4	82
2006年	22	21	442	
既存の原単位法による市街地発生負荷 [*] (t)	-	12.4	1.46	81.6
市街地発生負荷に占める自動車交通起因の路面排水の割合(%)	2004年	28~43	9~40	9~19
	2005年	16~25	5~23	5~11
	2006年	31~47	10~43	10~21

*既存の原単位は市街地面積によるもののため年によらず一定。

表2 土地利用ごとの道路面積算定方法

森林	(森林道路面積)=(森林面積)×(林内道路密度8.7m/ha)×(森林基幹道幅員5m)
水田	(水田農道面積)=(農地面積)×(農道率0.05) [*] *: (農道率0.05)=(整備済水田の農道率0.08)-(未整備水田の農道率0.03)
畑地	(畑地農道面積)=(農地面積)×(農道率0.044) [*] *: (農道率0.044)=(整備済畑地の農道率0.067)-(未整備畑地の農道率0.023)
都市	(都市道路面積)=(都市域面積)×(都市の代表的な道路面積率0.10)

*アスファルト舗装されていない農道は農地とみなし農道には加えないという仮定のもと算定。

3.2.2. 流域内道路面積・交通量算定

流域内道路密度及び交通量を全ての土地利用に対して一定値として与えると、実現象を過小・過大評価する可能性が高い。そこで、土地利用ごとに存在する道路密度の既存値を用い道路面積を算出した(表2)。また土地利用ごとに森林、水田・畑地等の農地、都市で交通量を設定した。森林及び農地では実測した交通量を基に福岡前原有料道路における1週間の1時間ごとの交通量変動から日平均交通量(森林:4,678台、農地:842台)を推定した。また都市に関しては都市構成の形態の違いからZone3では日交通量:23,719台を、Zone1,2,4では日交通量:14,670台を福岡市や国土交通省の実測値から同様に推定した。

3.2.3. 年間流出負荷算定

上述の原単位法を用い自動車起因の汚濁物質年間流出負荷の算定を行った。一例としてTN及びTP,CODにおける原単位と年間流出負荷量算定結果を表1に示す。算定には一般的なアスファルトの流出率である0.70~0.95を用いた。2004年から2006年の年降雨量が1019mmから1910mmと大きく異なることにより年間流出負荷量にも違いが見られた。既存の原単位を用いた市街地発生負荷に占める割合はTNが最も高く、最大で47%となった。また実測で得られた最小の物質濃度を基底負荷濃度、それを超える物質濃度を堆積負荷による濃度²⁾と仮定したところ(図5)年間総負荷量に占める堆積負荷の割合はCODで最大70%、TNで51%、TPで72%であった。よってCOD及びTPに関しては堆積負荷の除去が負荷削減において有用であり、TNに関しては堆積負荷の除去と同時に大気中に含まれる窒素化合物への対策が必要である。

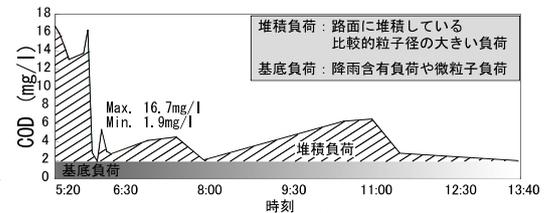


図5 COD濃度の堆積負荷と基底負荷濃度の概念図

4. 結論

- (1)路面排水水質調査の結果、三態窒素の構成割合はNO₃⁻-Nが23~70%(平均45%)、NH₄⁺-Nが21~73%(平均50%)であり、汚濁物質濃度は降雨強度の違いや先行晴天日数に起因する可能性が示された。
- (2)自動車交通に起因する路面排水の年間汚濁流出負荷を算定した結果、2006年のTNは3.8~5.8(t/year)であった。また自動車交通起因の負荷が既存の原単位による市街地の年間発生汚濁負荷に占める割合は31~47%となった。
- (3)TNの年間総負荷量に占める堆積負荷の割合は51%であり、堆積負荷の除去と共に自動車から排出される窒素化合物等への対策の必要性が示された。

参考文献 1) 和田桂子ら：雨天時における路面排水の水質特性および汚濁負荷の流出挙動に関する研究。水環境学会誌 Vol.29, No.11, pp.699-704(2006)

2) 和田安彦：ノンポイント汚染源のモデル解析(1990)。技報堂出版