

道路排水が水環境に与える影響の实地調査と
その影響評価手法の開発

九州大学 大学院工学研究院 環境都市部門

久 場 隆 広

道路排水が水環境に与える影響の实地調査とその影響評価手法の開発

研究代表者 九州大学大学院工学研究院 准教授 久場 隆広

1. 研究の背景

九州大学は伊都キャンパスへの大学移転を実施しているが、将来的には、都市化による周辺水域の水質悪化や遊水地機能の低下などの水環境の劣化が懸念され、したがって、統合的流域水マネジメントが求められている。特に、点源や面源汚染の発生状況や水環境・水循環の現状を把握するとともに、土地利用状況の変化に伴う水環境や水循環の変化を予測することが求められている。本研究は、九州大学新キャンパスの移転が影響を及ぼすであろう糸島地域（福岡西区・前原市・糸島郡二丈町、志摩町）をフィールドとした。特に、最大の流域の一つである瑞梅寺川（図-1）について、道路排水の汚濁負荷が水環境に及ぼす影響を定量的に明らかにし、その影響評価手法および将来予測手法を構築することを目的とし、同時に、道路排水の汚濁負荷削減のための方策についての検討も実施した。



図-1 瑞梅寺川流域と調査地点

2. 都市化が進む中小河川水質に対する自動車交通の影響

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、河川水質へ非常に大きな影響が及ぶことが懸念される。また、現在では、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ろう。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。

原単位法を用いて自動車起因の汚濁物質年間流出負荷の算定を行った。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。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と仮定したところ、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、

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。

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。

本研究から以下の結論が得られた。

- (1) 路面排水水質調査の結果、三態窒素の構成割合は NO_3^- -Nが23～70%（平均45%）、 NH_4^+ -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。

3. 面源負荷の定量化と負荷削減対策としての竹炭の効果

下水道整備の促進や事業所の排水規制等の点源負荷除去対策が実施されている一方で、特に都市域においては、市街地から排出される都市域面源負荷の増大が懸念されている。大学移転に伴い都市化が進むと考えられる瑞梅寺川流域においても、宅地開発による不浸透域の増加、交通量増加に伴った負荷増大が懸念されており、水環境保全の観点から適切な負荷削減対策を講じる必要がある。そこで本研究では、路面排水負荷に着目し、路面排水の水質特性を把握すると共に、得られたデータをもとにモデル化を行った。また、負荷削減対策としての竹炭の効果把握するために、竹炭の炭化温度と栄養塩類イオン吸着能との関係について検討を行った。

図-2に、堆積負荷流出モデルより算定されたTN年間流出負荷量を示す。解析結果によるTN年間負荷量は11.5 (kg/year)と算出された。また、計算を簡易的に行える方法の一提案として原単位化を試みた結果、38 (kg/ha/year)と算出され、既存の研究より得られた値(25～47kg/ha/year)とほぼ一致した。図-3に、ある降雨イベントにおけるTN負荷量の解析結果を実測値と併せて示す。図より、本モデルによる解析結果は実現象を概ね再現できており、定量的にも妥当であることが確認された。また、総負荷量に占める堆積負荷量の割合は、TOC: 89.3%、TN: 89.6%、TP: 87.1%と算定され、晴天時における堆積物の回収等が、効果的な負荷削減対策になり得ることが示された。

本研究から以下の結論が得られた。

- (1) 路面排水調査の結果、いずれの水質項目においても流

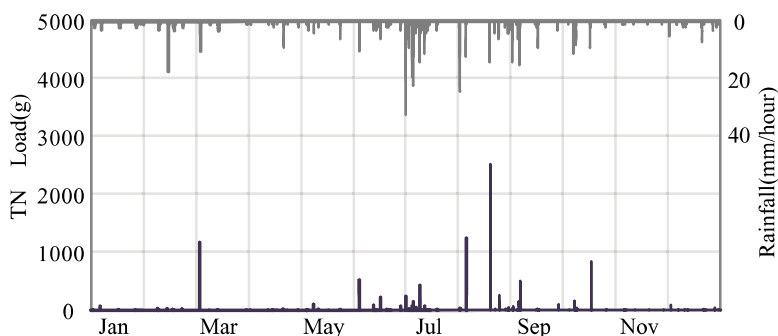


図-2 2007年におけるTN年間負荷量解析結果

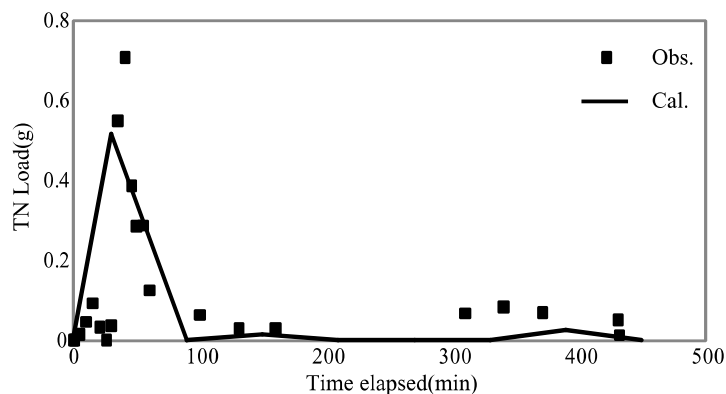


図-3 Run2におけるモデル計算結果 (TN)

出初期において明確なファーストフラッシュ現象が確認された。

- (2) 6降雨イベントにおけるEMC値の時間変動を算出した結果、懸濁態物質のEMC値は流出開始から60分程度で一定値に収束した。一方で、溶存態物質に関しては降雨イベントによってばらつきが大きく、降雨含有負荷の影響が大きいことが示された。
- (3) 路面排水負荷の大部分が堆積物に由来することが示され、堆積物除去が効果的な負荷削減対策となり得ることが明らかとなった。
- (4) 炭化温度の異なる竹炭における硝酸イオン吸着能は、炭化温度が高いほど高い吸着能を示した。また、硝酸イオン吸着能にはpH依存性が存在し、pHが低いほど吸着量が増大した。

4. 路面排水における重金属流出特性と竹炭による負荷削減

日本では、経済発展に伴う工場排水など特定の汚染源による重金属汚染に対して既に削減対策がなされてきた。しかし、現在では発生源が特定されず低濃度で広範囲に分布する重金属負荷の影響が大きくなっており、その定量化及び負荷削減が求められている。特に、降雨時には路面排水中の重金属が公共用水域に流入し、水生生物に対する急性毒性と慢性毒性の影響が懸念される。そこで、本研究では路面排水における重金属類の流出特性を把握した。また、需要の減少により未利用資源となった竹の有効な利用方法として竹炭による重金属負荷削減の可能性について検討した。

全Pb濃度は流出開始後30分間において一律排水基準値(0.1mg/L)を超え、全Zn濃度も河川への流入による希釈効果を考慮しても環境基準値(0.03mg/L)を超えることが確認され、水生生物への影響が懸念される。次に、原単位を算出し、調査地点より流出する重金属類の年間総負荷量を表-2のように算定した。Znの総負荷量はいずれの年でも、他の元素と比較して約3~4倍高い値を示しており、Znは路面排水における主要な汚染物質と考えられる。

本研究から以下の結論が得られた。

- (1) 路面排水では、Zn及びCuは最大で40~50%、Pbは30%以上が溶存態、Crは90%以上が懸濁態物質として流出することが明らかとなった。
- (2) 調査地点における路面排水中重金属類の年間流出負荷量を算定した結果、2007年ではZn: 1.18、Pb: 0.46、Cr: 0.27、Cu: 0.27 (kg/year) 流出しており、Znが路面排水の主要な汚染物質と考えられる。
- (3) pH2、20 の条件下では、竹炭に陽イオンであるZn及びPb、Cuは脱着、陰イオンであるCr()は吸着した。
- (4) Cr()は竹炭に物理吸着とイオン交換吸着するが、物理吸着が卓越していると考えられる。路面排水調査の結果、いずれの水質項目においても流出初期において明確なファーストフラッシュ現象が確認された。

表-2 調査地点より流出する路面排水中重金属類の年間総負荷量(2006、2007)

	2006	Zn	Cr	Cu	Pb
	2007				
溶存態負荷量		0.56~0.60	0.02~0.06	0.11~0.12	0.06~0.70
		0.32~0.35	0.01~0.03	0.06~0.07	0.03~0.40
基底負荷量		1.05	0.46	0.45	0.41
		0.60	0.26	0.26	0.23
FF負荷量		0.63	0.004	0.013	0.12
		0.58	0.004	0.012	0.11
総負荷量 (基底+FF)		1.68	0.46	0.46	0.53
		1.18	0.27	0.27	0.35

(単位: kg/year)