

II - 475

路面堆積物挙動のモデル化と清掃効果の検討

立命館大学大学院 学生員 中部 淳 松本 賢一
立命館大学理工学部 正 員 山田 淳
京 都 市 正 員 梅原 龍哉

1. はじめに

社会活動により発生する汚濁物や大気由来の汚染物が、晴天時には道路や屋根などに堆積し、雨天時に集中して流出するため、公共用水域の一時的な水質悪化をもたらしている。この状況を定量化する方法のひとつとして、堆積物の挙動を追跡することが有効であると考えられる。すでに、道路面の堆積負荷とその供給源の一つである大気由来汚染物の継続調査、解析を行い、一定の知見を得てきた^{1) 2)}。本報は、路面堆積物の継続調査から堆積と流出の挙動をモデル化し、このモデルを用いて路面清掃効果を検討するとともに、都市全域での効果を推定したものである。

2. 調査概要

路面堆積物の試料は、京都市内の道路を選定して、その縁石間の全幅員から家庭用掃除機を用いて採取した。この試料から、2mm フライ通過分の堆積物量（単位面積あたりの乾燥重量）を求めるとともに、有機物率（強熱減量）、T-N、T-Pについて含有率を求めた。住居専用地域については、季節を考慮して数週間の継続な採取を行い、その他の用途地域については若干の試料を採取した。一方、大気由来汚染物についても、晴天時、降雨時にわたって同様の継続調査を行ったが、ここでは降水量と降水水質の関係のみを求めて使用した。

3. 路面堆積物挙動の簡易モデル化

住居専用地域路面における晴天時堆積現存量を(1)式で、雨天時流出量を(2)式で表現することにより、路面堆積物挙動の簡易モデル化を行った。(1)式のパラメータ S_u は、既往のデータの最大値に近い値を設定した。また、 K_t は初期堆積量をゼロにして一定経過の後、採取したデータ（図-1）から決定した。(2)式のパラメータ K_r は、5日間以上晴天日が続いた堆積量の平均値から、降雨直後の堆積量を差し引いた推定流出量と日降水量の関係（図-2）を用いて決定した。この方法で各指標のパラメータを決定し、表-1に示す。このモデルと調査期間の日降水量系列を用いて、半日単位のシミュレーションを行い実測値との比較をおこなった。ここでは、有効降水量を1.5 (mm/日)とし、それ以下を晴天時とみなすとともに、日降水量を半日単位で計算するために、25.5 (mm/日)を基準として降雨継続時間を12時間以上と以下に分離した。結果を図-3に示す。その結果、季節を問わず同じパラメータを使用したにも関わらず、良好な再現性が得られた。したがって、このモデルは環境管理に有効に利用できるものと考えられる。

4. 年間シミュレーション結果と清掃効果の検討

次に、同じく住居専用地域路面について、1988年（平水年）の日降水量系列を用いて、路面清掃をシナリオとする年間シミュレーション計算を行い、表-1 パラメーター一覧
流出負荷量によってその効果を検討した。路面清掃のシナリオとして、清掃①（1カ月に1回、年間12回清掃を行う）、

係数 指標	S_u (mg/m ²) (住専系)	K_t (1/日)	K_r (日/mm)
堆積物量	6500	0.056	0.022
有機物量	450	0.051	0.039
T-N	7.5	0.072	0.073
T-P	2.5	0.032	0.038

$$S = S_u (1 - e^{-K_t \cdot T}) \dots (1)$$

ここで S : 堆積現存量 (mg/m²)
 S_u : 極限堆積量 (mg/m²)
 T : 堆積ゼロからの経過日数 (日)
 K_t : 堆積速度係数 (1/日)

$$L = S (1 - e^{-K_r \cdot R}) \dots (2)$$

ここで L : 負荷流出量 (mg/m²)
 S : 堆積現存量 (mg/m²)
 R : 日降水量 (mm/日)
 K_r : 流出速度係数 (日/mm)

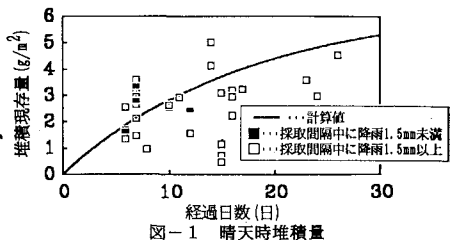


図-1 晴天時堆積量

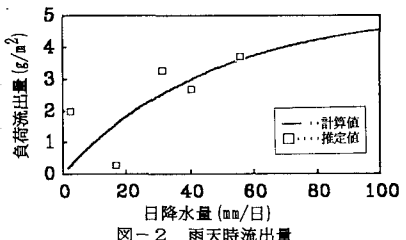


図-2 雨天時流出量

清掃②（1週間に1回、年間52回清掃を行う）、清掃③（晴天日が4日以上続いた時、清掃を行う、年間52回に調整）の3方法を設定し、1回の清掃で堆積現存量の70%が除去できるものと仮定して計算した結果を表一2に示す。1か月に1回清掃すると、年間流出負荷量は約20%削減され、1週間に1度清掃を行うとこれが50～60%と高くなる。しかし、気象を考慮しながら清掃する清掃③としても、せいぜい5%前後の削減率の増加しか期待できないことが分かった。

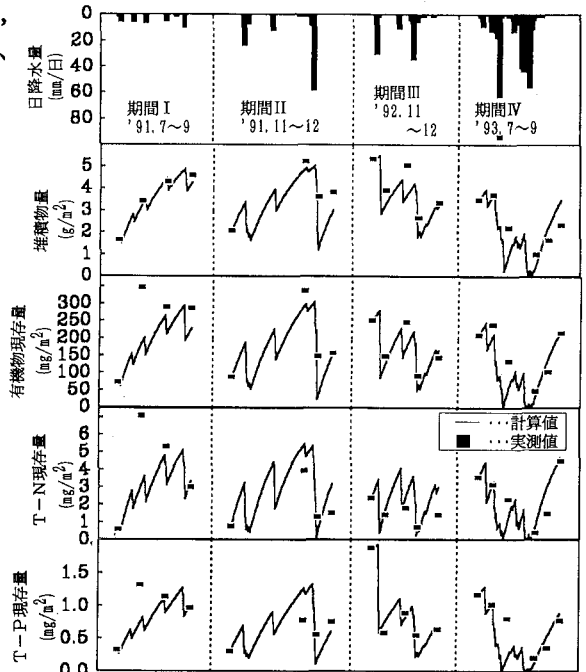
次に、京都市の市街地全域における非特定汚染源からの年間流出負荷量の削減効果を検討した。用途地域の住商系（住宅、商業）と工業系については全体の負荷量を実測値によって割増しし、屋根についても実測値から路面の10分の1程度とした。空地からは流出しないものとした。また、降水中に含まれて直接流出する負荷については、降水水質を日降水量で定式化した結果¹⁾を用い、平均流出率を70%と仮定して、図一4のような土地利用面積に対してシミュレーション計算を行い、清掃②についてその結果を表一3に示す。

都市全体でみるとそれほど大きな削減とはならないが、総固形物量（堆積物量）と有機物量については、一定削減されており、路面の清掃効果はかなり期待できる。しかし、T-P、

T-N、特にT-Nについては、降水中の負荷量の割合が大きく、降雨時初期流出（ファーストフラッシュ）の貯留削減対策を併用しないと効果がでないことが分かった。

5. おわりに

今後さらに、路面堆積物の堆積、移動、流出現象に関する調査を進めていき、的確な解析を行うことで、モデルの再現性をさらに向上させ、これを用いて都市域汚濁堆積物の管理法を提案していきたいと考える。

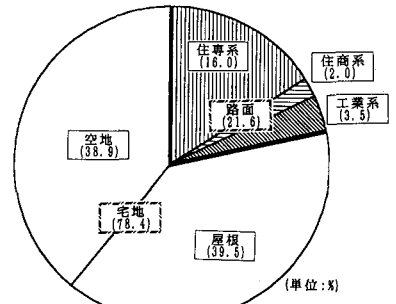


図一3 路面堆積物挙動シミュレーション結果【住専系】

表一2 路面年間負荷流出量の変化【住専系】(g/m²/年)

	清掃なし	清掃①	清掃②	清掃③
堆積物	57.9	44.6 (77.1%)	22.4 (38.7%)	20.8 (35.8%)
有機物	4.44	3.55 (80.0%)	1.91 (43.0%)	1.71 (38.4%)
T-N	0.1066	0.0908 (85.2%)	0.0553 (51.9%)	0.0475 (44.6%)
T-P	0.01798	0.01387 (77.3%)	0.00708 (39.4%)	0.00633 (35.3%)

()内は清掃なしに対する割合



図一4 京都市市街地土地利用状況
(総面積95.24km²)

表一3 京都市市街地の非特定汚染源からの年間流出負荷量 (ton/年)

非特定汚染源	(1) 路面からの流出負荷 (清掃①)	(2) 路面からの流出負荷 (清掃②)	(3) 屋根からの流出負荷	(4) 降水直接流出負荷	推定値合計 (1)+(3)+(4) (路面清掃①)	推定値合計 (2)+(3)+(4) (路面清掃②あり)
堆積物量 (TR)	2658.8	1029.1	291.5	1421.1	4371.5	2741.8 (62.7)
有機物量 (COD)	179.2	77.1	31.0	157.0	367.2	265.2 (72.2)
T-N	4.08	2.12	1.39	44.27	49.74	47.78 (96.1)
T-P	1.08	0.43	0.06	2.27	3.42	2.76 (80.8)

()内は、推定値合計 (1)+(3)+(4) に対する割合 (単位: %)

1) 山田, 梅原他: 第30回環境工学研究フォーラム, 1993 2) 山田, 梅原, 中部: 第28回日本水環境学会, 1994