

立命館大学理工学部 山田 淳 西本 安範

立命館大学大学院 ○梅原 龍哉 中部 淳

1. はじめに

都市域では社会活動により発生する汚濁物や大気由来の降下塵は、晴天時には路面や屋根に堆積し、降雨時には集中して流出するため、公共用水域の水質悪化をもたらしている。このため堆積物の挙動を把握することが重要であるとの認識から、筆者等は10数年に及ぶ調査結果をもとに、すでに汚濁堆積物の性状や分布特性について、一定の知見を得てきた。^{1) - 3)} 本報告で注目をしている降雨や降下物に関しては、水域に及ぼす影響を調査した事例が一部報告をされている程度で、堆積物と降下物、ならびに降水を併せて調査解析したものは見当たらないのが現状である。さらに、これらの堆積物が、大気や地域の人間活動から供給されるとともに、風や交通による移動、降雨による流出によって常に増減していることから、その挙動を動的にとらえることが、環境管理を策定する上で重要な課題となってきた。このため、本報告では路面堆積物の汚濁負荷を継続的に測定した結果と、晴天時および降雨時の大気からの供給負荷測定結果より、路面堆積物の収支状況を明確にする。

2. 調査概要

路面については、気象条件を考慮した継続調査として、京都市内の第1種住居専用地域の路面（幅員 4.5～6m）計27地点（継続調査時の同一地点を含む）から家庭用掃除機を用い、縁石間の路面全体の堆積物を試料として採取した。継続調査では、調査対象地点を十数ブロックに分け、ローテーションを組み採取した。

ここから、2mm フル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、Fe、Znについて分析を行い含有率を求めた。

大気からの供給負荷調査は、1992年7月～9月、1992年11月～12月、1993年7月～9月の降下物および降水を補集した。採取方法は開口面積、約550～750cm²のポリエチレン製バケツを数個設置し、降下物は一週間ごとに、降水はその都度回収し、TR（蒸発残留物）、COD、TOC、T-N、T-P、Fe、Znの項目について分析を行った。

表-1 継続調査結果

調査	採取 間隔 (日)	中間(先行)降雨		再帰日数			堆積物 量 g/m ²	有機物 率 %	T-N 含有率 mg/kg	T-P 含有率 mg/kg	Fe 含有率 g/kg	Zn 含有率 mg/kg
		日	降水量	①	②	③						
1	—	6	17.5, 5.5	5	5	10	5.01	5.85	691	254	9.0	247
	7	2	16.5, 8.0	1	1	17	4.16	8.43	1130	315	13.7	248
2	—	1	34.0, 21.0	0	0	0	1.58	4.31	311	192	18.1	300
	11	4	6.5, 6.5	3	11	11	3.37	10.25	2080	383	23.7	688
	12	10	7.5, 7.5	9	23	23	4.23	6.78	1240	263	28.8	500
	12	3	11.0, 4.5	2	2	35	4.51	6.28	640	210	—	—
3	—	14	15.0, 4.0	13	13	35	5.81	6.47	741	147	—	—
	7	1	59.0, 11.0	0	0	0	3.57	4.08	333	151	—	—
	7	—	—	7	7	7	4.52	4.10	376	196	—	—
4	—	7	24.5, 7.0	4	5	38	5.29	4.69	427	351	15.3	205
	7	3	31.0, 5.5	2	2	2	3.83	3.78	343	148	15.5	281
	10	2	12.0, 4.0	0	0	11	5.01	4.85	338	174	17.0	204
	6	1	35.5, 21.5	0	0	0	2.80	3.40	236	202	—	—
	10	1	2.5, 1.5	0	10	10	3.31	4.28	396	189	—	—
5	—	4	11.0, 2.5	3	3	16	3.41	6.05	1020	337	18.2	650
	7	3	10.0, 9.5	2	2	23	3.64	6.49	835	275	14.7	585
	8	3	98.0, 26.0	2	2	2	2.14	6.15	1030	366	15.6	567
	15	1	4.5, 3.5	0	1	2	0.94	4.84	287	193	14.0	335
	6	—	—	6	7	8	1.59	6.34	879	209	21.0	419
	6	—	—	12	13	14	2.25	9.48	1940	333	20.5	526

中間(先行)降雨の日:採取日からの降雨日までの逆算日数(日)

降水量:日降水量(mm/日),時間最大降水量(mm/h)の順

再帰日数:降雨再帰日数で、①は2mm,②は10mm,③は30mmに対応

3. 路面堆積物の継続調査結果とその考察

1990年11月～1993年9月にわたって計5期間、同一地点で継続調査を行った。その結果を表-1に示す。調査期間中に降雨があったため明確ではないが、大降雨後の堆積物量が最も少なく、有機物率、T-N含有率も減少している。それに対してFe、Zn含有率は降雨による質的变化はない。さらに、一度採取した後、再度同一ブロックで採取したときの純堆積物量を図-1に示す。期間中の中間降雨量別に表し、また傾向線は中間降雨量50mm未満の値だけを近似したものである。降雨の影響でばらつきが大きい、採取間隔が大きくなるとともに堆積物増加量は小さくなる傾向がある。また採取間隔の多少にかかわらず、堆積物量の値が3～4 g/m²となっていることから、堆積物量は数日で上限値に達しているものと思われる。これは、晴天日が続いても、交通による移動や清掃によって頭打ちになるものと考えられる。次に、重み付き先行10日間の降雨量*と汚濁物含有率の関係を図-2に示す。汚濁物含有率は降雨により低下し、特にT-Nは重み付き先行降雨量10mm前後でその含有率が5分の1程度にもなる。また、降水量30mm/日未満の継続日数である降雨再帰日数と汚濁物現存量の関係を再帰直線とともに図-3に示す。Y切片である降雨直後の現存量と係数である1日当たりの堆積増加量の比からみると、有機物量では、8日間以上の供給量(増加量)に相当する初期量があるが、T-Pでは3日分、T-Nでは2日分程度の初期量しかなくかなり流出しやすい。さらに、この図の回帰線から試算すると、1ヶ月ぶりに30mmの降雨があった場合、1平方メートル当たり平均370mgの有機物、6mgのT-Nが流出することもわかる。

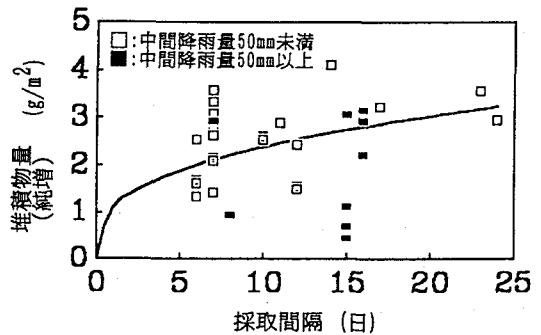


図-1 試料採取間隔と堆積物量(純増)

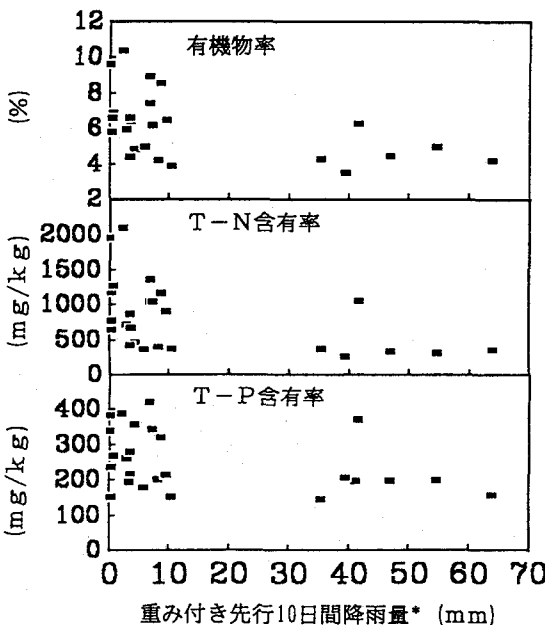


図-2 重み付き先行降雨量*と汚濁物含有率

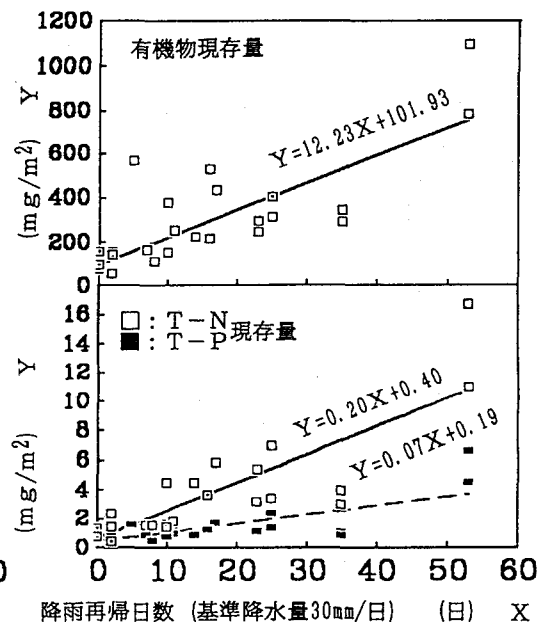


図-3 降雨再帰日数と汚濁物現存量

* 重み付き先行n日間降雨量 = $\left[\text{前日の降雨量} + \frac{2\text{日前の降雨量}}{2} + \frac{3\text{日前の降雨量}}{3} + \dots + \frac{n\text{日前の降雨量}}{n} \right]$

4. 大気からの供給負荷調査結果とその考察

雨水の水質について、降雨量と各汚濁指標の濃度との関係を近似曲線とともに図-4に示す。

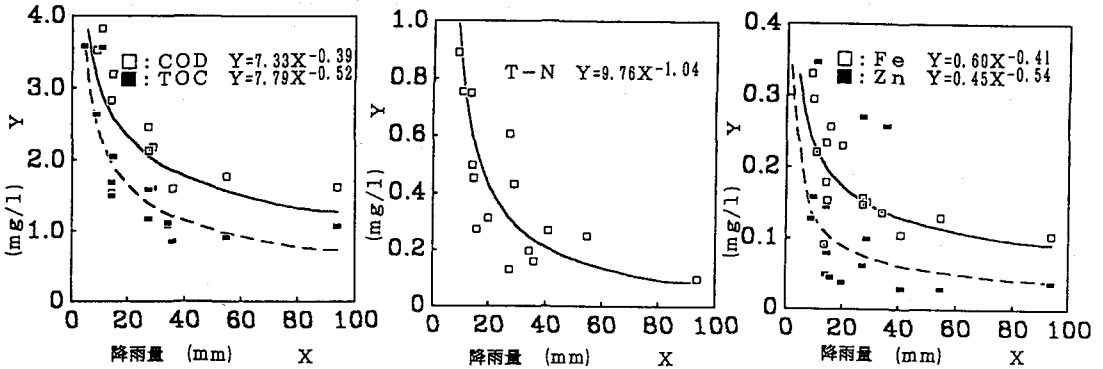


図-4 降雨量と雨水の水質

降雨量の増加とともに雨水水質が減少していることから、供給負荷は降雨初期に集中していることがわかる。このような頭打ち現象はT-Nで顕著に表れている。また1ヶ月の晴天時を含めた降下物の汚濁負荷とその間の雨水による汚濁負荷から、晴天時と降雨時の割合を図-5に示す。降雨日12日、晴天日19日として、T-Nで60%以上、TOCでは90%以上が雨水として供給されていることがわかる。

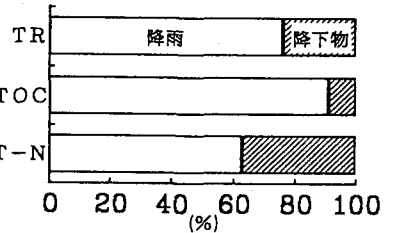


図-5 晴天時降下物負荷と降雨時負荷

5. 路面堆積物の供給源

路面堆積負荷の一日増加量と晴天時降下物一日供給量を表-2に示す。堆積物量(TR)、有機物(TOC, COD)、Feは路面堆積負荷に対する降下物の割合は、10%程度であり、大気以外からの供給が主体となっている。これに対し、T-N、T-P、Znでは大気からの晴天時供給の比率が高い。T-N、Znで逆転しているのは、路面堆積物の測定値に一部降雨時を含んでいることによるもので、この点はさらに厳密に整理するつもりである。

表-2 路面堆積物（一日増加量）と晴天時降下物（一日供給量）
($\text{mg}/\text{m}^2/\text{日}$)

項 目	路面堆積物		晴天時降下物	
	最小 ~ 最大	平均	最小 ~ 最大	平均
堆積物量 (TR)	120.8 ~ 505.7	277.0	13.6 ~ 91.1	41.1
有機物 (COD) (TOC)	7.59 ~ 42.89	20.05	0.12 ~ 5.93	2.74
			0.78 ~ 6.67	3.29
T-N	0.077 ~ 0.571	0.289	0.145 ~ 3.195	1.020
T-P	0.025 ~ 0.159	0.075	0.017 ~ 0.185	0.063
Fe	2.563 ~ 6.928	4.827	0.196 ~ 1.086	0.430
Zn	0.051 ~ 0.178	0.103	0.034 ~ 0.701	0.249

6. おわりに

本報告では、路面堆積物の継続調査と大気からの供給負荷調査の結果から、路面堆積物の流出、堆積特性や晴天時降下物との関係に検討を加えた。その結果、降雨によりT-Nは路面から最も流出しやすく、またT-N、T-P、Znは路面堆積物に対する晴天時降下物供給の比率が高いことが明確になった。今後は、さらに資料を蓄積して、大気系負荷が都市域全体に及ぼす影響を定量化するとともに、路面堆積負荷についても、その移動、堆積特性を検討し、都市域に散在する汚濁堆積物の総合的な管理施策を示したいと考えている。なお調査、分析には環境計画研究室の諸君の協力を得た。

《参考文献》

- 1) 梅原, 山田他: 第47回土木学会年次学術講演会概要集, 1992
- 2) 山田, 梅原: 第27回水環境学会概要集, 1993
- 3) K. Yamada, T. Umehara, et al.: WATER SCIENCE & TECHNOLOGY, Vol. 28, No. 3-5, 1993