

路面上に堆積した金属類の負荷量推定

筑波大学システム情報工学研究科リスク工学専攻 学生会員 高井市郎

はじめに

路面上、あるいは地表面には様々な物質が堆積している。その発生源は様々である。道路上を走る自動車に由来する金属類や燃料漏れによる流出。工場などの排煙やその他、物を燃やすことによって生じる煙に含まれる物質。こうした物質が地表面上に堆積する。そして、雨が降った時に地表面を流れる地表流によって、下水道などを通じ河川や海に流出し水質汚染につながる現象が見られる。

個別に雨水に含まれる物質についての実測は行われてきた。例えば、Sansalone,et.al.(1997)や石塚(2002)といったものが挙げられる。また、流出負荷を推定する方法の代表的な手法として土木研究所が作った「土研モデル」と呼ばれるモデルがある。一方、路面上など普段水が流れていない箇所が雨天時には流出負荷の発生源となり、かつ流出の経路となって河川等に流入する現象については分かっていないことが多い。そこで本研究では濃度と、流出関数による流量に加えて物質中に占める溶存態の割合を利用して路面上に堆積した負荷量の推定を目指すものである。

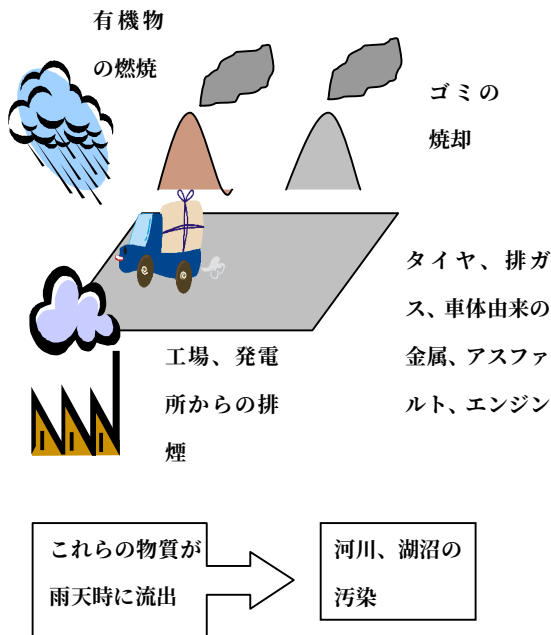


図1. 地表面上に堆積する負荷の発生源（高田、真名垣,2005より）

研究の概要

本研究で計算に用いた実測値は石塚(2002)におけるつくば市の東大通りを対象としたデータを参考にした。また、降水などの気象データについては筑波大学陸域環境研究センターのデータを用いた。対象とした物質はAl,Mn,Fe,Cu,Pb,Znとした。これらの物質は路面に堆積している代表的な金属であり、自動車を例にすると主な発生源は次の表に示すようになっている。

表1：各物質の発生源

	主な発生源			
	車体	タイヤ	ブレーキ	ガソリン
Al				
Mn				
Fe				
Cu				
Zn				
Pb				

表2：溶存態と不溶態の比（Sansalone,et.al.1997より）

	溶存態/溶存態+不溶態					平均値
Zn	0.5	0.88	0.95	0.84	0.63	0.76
Cd	0.5	0.847	0.96	0.45	0.54	0.66
Cu	0.31	0.62	0.7	0.61	0.34	0.516
Ni	0.56	0.68	0.78	0.44	0.47	0.586
Pb	0.21	0.45	0.3	0.177	0.21	0.2694
Cr	0.266	0.43	1	0.4	0.75	0.5692
Mn	0.5	0.9	0.9	0.7	0.43	0.686
Fe	0.012	0.14	0.12	0.03	0.017	0.0638
Al	0.002	0.06	0.31	0.03	0.13	0.1064

これらの金属類は様々な物質と結びついて溶存態や不溶態となって路面上に堆積しているがその比率は物質によって異なる（表2）。そこで、この溶存態の占める割合を利用し地表面流出に含まれる濃度から路面上に存在している負荷量を求めようというのが本研究の趣旨である。

キーワード 流出関数、溶存態、不溶態、ノンポイント汚染

連絡先 〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1 筑波大学総合研究棟B-728 TEL029-853-5600（内線8207） E-mail：
i_takai@edu.esys.tsukuba.ac.jp

手法と結果について

地表水に溶けている溶存態の比率から負荷量を求めるという考えに立ち、次のような式を立てた。

$$L=Q \times P \times M / K \quad (1)$$

ここでパラメーターはそれぞれ L：負荷量 (mg)、P：濃度 (mg/l)、Q：流出関数による流量 (l)、M：対象地区の面積 (m²)、K：溶存比である。また、上の式でMの値を 36.4 m²として計算をした。この数字は石塚(2002)でサンプリングの対象とした面積である。溶存比とは表2で示した溶存態が金属に占める割合のことであり、表2の平均値を用いた。そして流出関数については各時刻における流量のプロットで指数近似を行って次のような形で表す。

$$Q = ae^{\alpha x} + be^{\beta x} \quad (2)$$

ここで a、b、α、βは定数であり、xは降雨の時間(min)である。この方法に近いものとして Sartor/Boyd 式が挙げられ、次のように表される(Sartor/Boyd 1974)。

$$N_c = N_0(1 - e^{-krt}) \quad (3)$$

ここで N_c:路面上の負荷量、N₀:初期の負荷量、r:降水量(inch/h)、t:降雨の時間(min)である。この式では負荷量を直接入力して求める形を取っているため、直接路面の負荷量を求めることが必要になり、(1)、(2)式のように雨水中の濃度から求める場合に手間がかかることが挙げられる。

この(1)式で計算した結果が次のグラフである。

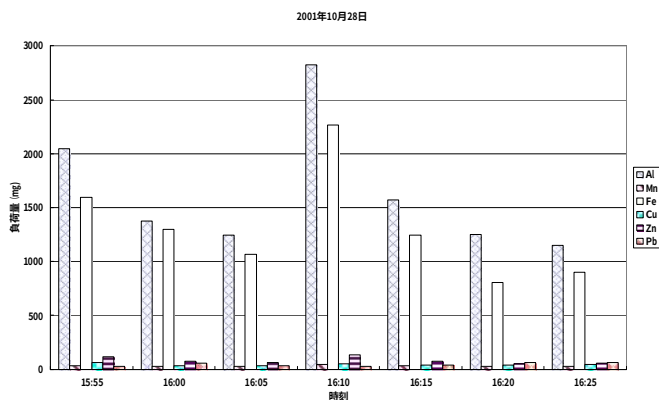


図 2:2001 年 10 月 28 日の結果

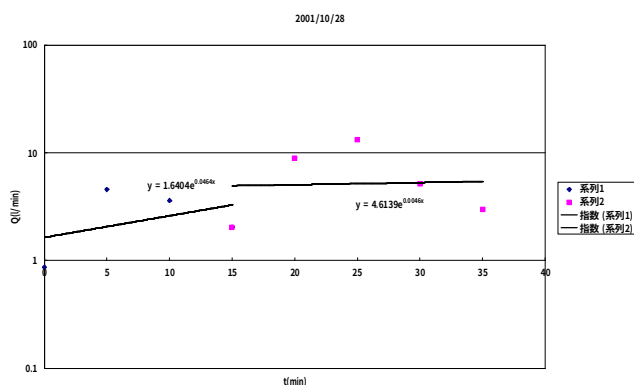


図 3：流出関数のグラフ

この 10 月 28 日の結果を見ると Al,Fe,Pb の 3 つが特に目立つ。図 2 ではこれらの物質量が明らかに異なることから降水量の変化による金属類の流出が変化することが表現できていると思われる。その一方で他の Mn,Zn,Cu の値は Al 等と比べてかなり小さいことが読み取れる。また、降水量と負荷量の値の変動を比べてみると、流出のピークは 25 分が経過した 16:15 であるが計算した結果では 16:10 にピークが出ている。しかし、全体的に見れば流出の変動と負荷量の変化が割と良く対応していて指数関数による流出関数が使えといえる。負荷量の値については金属を含む微細な塵埃については小野(2000)などの研究でこれまで行われてきたが、このように不溶態も含めて負荷量を求めたケースは調べた限り見当たらなかったが、その一方で溶存態と不溶態と合わせて求めているのと様々な物質と結びついて SS(懸濁物質)の形で存在しているのが多いためさほど極端な値ではないと思われる。

まとめ

- 晴天時に堆積した金属類が雨天時に流出する挙動についてはよくわかっていない部分が多い。
- そこで、雨水が地表を流れる挙動を表す流出関数と流水中に含まれる濃度、対象面積から負荷量を推定することを試みた。
- 水に溶けやすい溶存態だけでなく水に溶けにくい不溶態も含め負荷量を推定することを目指した。
- 車体に由来すると思われる Al と Fe が金属負荷量の大半を占めるという結果になった。
- 負荷量の値については溶存態と不溶態を合わせて求めた例が見つからなかったが、SS(懸濁物質)の形を取っている不溶態も含めて求めているためさほど極端な値とも思われないこと。
- 今後の課題として、式の見直しが必要になると思われる。

参考文献

- 和田安彦：ノンポイント汚染源のモデル解析，技報堂出版
- 石塚彩子：平成 13 年度自然学類卒業論文「降雨初期の道路表面流出水における重金属濃度の挙動とその要因」
- Sansalone,J.J and Buchberger,S.G.:Partitioning and first flush of metals in urban roadway storm water J.Environ.eng., Vol.123, 1997 年 No2,pp.134-143
- 高田秀重、真名垣聡：「微量有機汚染物質の流出」、第 13 回ジョイントシンポジウム「海域環境から見た陸域流出の問題とその構造」講演資料、pp.32-38
- 小野芳朗、永留浩、河原長美、谷口守、並木健二、貫上佳則：道路堆積塵埃上の物質量と環境因子との相関性水環境学会誌，Vol.23, 2000 年第 12 号，pp.778-785