

II-145 化学物質の降雨流出特性

大阪大学 工学部 正員 盛岡 通
岐阜大学 工学部 正員 東海明宏

1. はじめに

化学物質は水溶解度、蒸気圧などの物性に支配されて環境の固相、気相、液相のいずれにも分布するため、人の化学物質曝露量を算定するためには多相環境での調査が必要である。そこで、都市活動の高いと想定される地域の北側に位置する都市部と山林部の面積の比率がおよそ1:1であり、流域に降る雨は流域の末端の貯水池に集められ、その水は下流に位置する都市の上水源となっている地域を対象に化学物質の雨天時流出調査をおこなった。対象化学物質は、有機塩素化合物、有機リン化合物、LASである。降雨による化学物質の流出特性を、対象物質の物理化学性状、用途の観点からケモグラフの特徴、晴天時の地表面堆積物中の化学物質の分布を中心として論ずる。

2. 調査方法

(1) 調査地域

調査地域を貫流する河川での雨天時流出水および晴天時での土壌表面堆積物、大気中の化学物質の分析を行った。この河川は上流で2本に分かれおのおのA、B流域と呼ぶ。この地域の特徴は新興住宅地であることと、A、B両流域においてほとんど土地利用形態が同じであること、A流域のみで幹線道路の路面清掃が行われていることである。またこれらの流域には分流式の下水道が整備されていることである。

(2) 調査時期

第1回：1986年8月24日（晴天時河川水）

第2回：1986年9月9日より9月10日（雨天時流出水）

第3回：1986年12月16日（晴天時の都市、山林地域土壌、大気）

雨天時流出水は9月9日午後4時より翌日午前2時まで1時間おきに流出水のピーク近くでは30分おきに採取した。降雨は自記雨量計で測定した。水位は低水位においては水位尺で直接水深を測定した。高水位においては橋桁から水面までの距離をおもりをつけた目盛り付きのロープで測定した。流速はプロベラ式ま

たは電磁流速計を用いて中心流線上で水深の1/2の深さでの流速を平均流速として測定した。

(3) 調査した物質および分析方法

分析の容易さ（分析感度など）、使用量、毒性、物性などからHCH、クロルデンなどの有機塩素化合物、リン酸トリエステル系の物質を指標化学物質とし、分析に供した試料の採取、保存方法は前報に従った¹⁾。

3. 分析結果および考察

(1) 各物質の流出特性

A流域、B流域の観測地点で測定した各化学物質のケモグラフの一例を図-1示す。SSのファーストフラッシュはB流域のみで観測され、A流域ではみられなかった。雨水経由の寄与分の大きい化学物質とくにHCHsでは、ファーストフラッシュ後に希釈されるという典型的なケモグラフが形成されていなかった。A流域において観測初期に高い濃度が確認されたのはシス-クロルデン、トランス-クロルデンである。他の物質では明確にはその現象が観測されず、TDCPPではむしろ塩素イオンに近い希釈傾向を呈していた。

B流域ではシス-クロルデン、トランス-クロルデン、TCP、TPP、TBXP、TOP、TBPが鋭いファーストフラッシュを呈していた。TDCPP、スミチオンは約1時間ほど遅れて濃度のピークが出現していた。

SSの濃度のピークに対応しているのが、TBP、TPP、クロルデン、TBXP、TCP、TOPであった。TDCPP、LAS、スミチオンは濃度のピーク出現までに約1時間ほどの遅れがあった。

TDCPPの濃度変化は、 Cl^{-} の塩素イオン濃度の変化に近いことから、TDCPPは定常的にA流域に排出されていて、降雨によりあらたに流域にくわわる水量で希釈されるため、このような変動を示すものと推定することができる。

以上よりA、B両流域での化学物質のケモグラフの形状は、類似性より次の3つに分類することができた。

① A、B両流域ともに同時にファーストフラッシュを呈する物質で、クロルデンが代表的物質である。

② ①とケモグラフが似てはいるが、A流域での濃度のピークが出現するのに約1時間ほどB流域に遅れている物質。ただしこれに該当するB流域の物質はすべてファーストフラッシュを呈している（TBXP、TCP、TBP）。

③ ファーストフラッシュ時の濃度があまり高くなく、降雨の後半の流量のピーク時にもう1度、濃度のピークをもつ物質である（TOP、TPP）。

（2）雨水中の濃度との比較

シス・クロルデンは、雨天時流出時の濃度のピーク時に達した時に水溶解度を越えていた。シス・クロルデンの水溶解度は測定法により異なり幅をもった値であるが、このことに注意しても降雨によって流出しやすい部分が地表面上にかなり存在することが推定できる。TOP、TPPも溶解度近くまで濃度が上昇していた。

雨水中濃度をみると水溶解度が高いほど雨水中濃度も高くなっており、化学物質ごとの水溶解度の3オーダーの差がおよそ雨水中化学物質濃度の差の1オーダーに相当していた。

（3）累加流量と化学物質の累加流出負荷量との関係

表-1に化学物質の50%流出に必要な流量比、懸濁物質流出量比を示す。懸濁物の流出に関してはA流域で初期において流出しにくいことがあらわれている。逆にB流域では、降雨初期にほとんどの化学物質の50%がすでに流出している。同様の結果が化学物質の流出にも得られた。すなわち、全化学物質についてB流域では初期にすみやかに流出する部分が存在する。A流域では初期には化学物質は流出しにくく降雨の後半で多く流出してくる特徴がある。

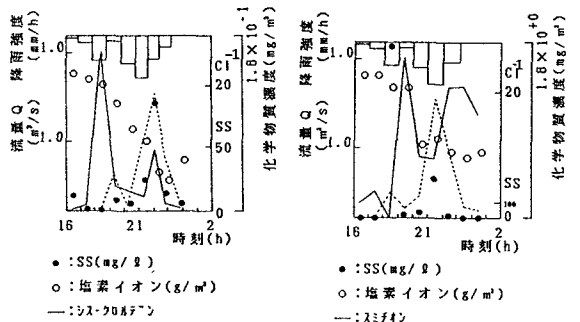
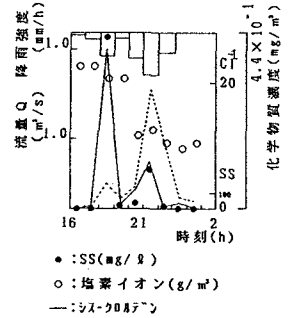
（4）地表面堆積負荷と降雨由来分との比率

地表面堆積負荷量をケモグラフを積分することで求め、降雨由来量は雨水中濃度に降雨量を乗ずることで求めた。HCHsはいずれの異性体とも大気由来分が多かった。これは、あらたな農地土壌への負荷がなく、かつて使用されたHCHsが揮発などにより大気へ進入した分が降雨で再び地上に供給されることが優勢になっていることを示している。

2つの流域の単位面積あたりの化学物質の流出量は、TBP以外、すべてA流域のほうが大きいという結果を得た。化学物質の全流出量の50%が流出するに要する時間はB流域のほうが短いことより、降雨にたいす

表-1 化学物質の50%流出に必要な流量比

	全流量比	
	A	B
α -HCH	0.53	0.51
β -HCH	0.45	0.50
γ -HCH	0.50	0.50
δ -HCH	0.45	0.50
cis-chlordane	0.50	0.30
trans-chlordane	0.50	0.30
Smithion	0.50	0.64
TBP	0.49	0.47
TDCPP	0.40	0.49
TPP	0.42	0.48
TBXP	0.36	0.12
TOP	0.60	0.21
TCP	0.59	0.14
LAS	0.57	0.17
SS	0.60	0.15



A流域

B流域

図-1 ケモグラフの一例

る反応性はB流域のほうが高いが、面積あたりの蓄積量はA流域のほうが大きいことがわかった。

4. おわりに

観測結果の総観的考察に重点をおいたが、クロルデンのように地表面に散在しているものはファーストフラッシュが明快な形でえられたがそうではないケモグラフの物質もあり、大気系との反応を加味したモデル、観測断面自身の再検討の必要性がしめされた。

謝辞 本研究は、昭和62年度日本証券奨学財団の助成（代表 盛岡 通）により行われたもので記して謝意を表する。また、各化学物質の分析にあたっては大阪市立環境科学研究所 福島 実氏の協力を得たことに謝意を表する。

参考文献

1) 東海、他(1990)数種の化学物質の東京湾での濃度分布と挙動、日本化学会誌、No.9、1990