

起源影響を考慮した河川水中ダイオキシン類の流出負荷予測手法の構築

名古屋大学大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻 ○佐藤圭輔

京都大学 流域圏総合環境質研究センター 清水芳久, 兼松正和, 朴白洙, 服部一美

株式会社 日吉 中村昌文

Design for Watershed Model to Estimate the Aquatic Dioxins Load from Non-Point Sources, by Keisuke SATO (Dept. of Civil Eng., Nagoya Univ.), Yoshihisa SHIMIZU, Masakazu KANEMATSU, Beaksoo PARK, Kazumi HATTORI (Res. Center for Env. Quality Management, Kyoto Univ.) and Masafumi NAKAMURA (Hiyoshi Eco. Inc.)

1. はじめに

近年の排出源対策によって環境中に放出されるダイオキシン類(以下DXNs)の量は激減しているが、過去に排出され、土壌や底質中に残留しているDXNsは容易に分解せず長期間に渡って下流水系に影響を与え続ける可能性がある。DXNsの流出メカニズムを考える上で重要な要素の一つは懸濁物質(あるいは懸濁態有機炭素)の挙動である。このことはDXNsが難分解性、強い疎水性といった物性を合わせ持つため、流出時には大部分が懸濁態(あるいは有機物吸着態)として輸送されることを意味している。もう一つの重要な要素は、懸濁物質の起源(流域土壌)すなわちDXNsの起源である。起源が森林土壌か水田土壌かで河川水中のDXNs濃度は大きく異なる。そこで本研究では、2000年~2005年に実施されてきた琵琶湖流域のDXNs実測調査をもとに流出形態や集水域特性を分析し、流出起源の影響を評価するとともに、河川水におけるDXNs流出負荷量の予測手法を設計した。

2. 研究の方法

DXNs流出負荷量の推定式(式1)には収着平衡(式2~3)を仮定し、また、懸濁態DXNsの濃度特性は流域土壌のそれと大きく変化しないこと(式4)を考慮した。

$$L_{DXNs} = (C_{ds} + C_{ps}) \times Q \quad \text{式 1}$$

$$\frac{C_{ps}}{C_{ss}} = C_{ds} \times K_d \quad \text{式 2}$$

$$K_d = K_{oc} \times f_{oc} \quad \text{式 3}$$

$$\frac{C_{ps}}{C_{ss}} = S_{soil} \times f_{oc} \quad \text{式 4}$$

L_{DXNs} : 水中DXNs負荷量 (pgTEQ/hr)
 Q : 河川流量 (L/hr)
 C_{ds} : 浮遊態DXNs (pgTEQ/l)
 C_{ps} : 懸濁態DXNs (pgTEQ/l)
 C_{ss} : 浮遊懸濁物質(SS)濃度 (kg/l)
 K_d : 懸濁態-水分配係数 (l/kg)
 K_{oc} : 有機炭素-水分配係数 (l/kgOC)
 f_{oc} : 有機炭素含有率 (kgOC/kg)
 S_{soil} : 有機炭素当りDXNs (pgTEQ/kgOC)

式1~4において K_{oc} 、 f_{oc} および S_{soil} は河川水(n=43)および流域土壌の実測調査(森林および水田, 計n=46)に基づいて流出形態別(代掻き時(4/15~5/31), 降雨時(>25m³/sec), 晴天時)に予測平均値や95%予測信頼区間を設定した。厳密には一部パラメータの設定について同族・異性体分布特性を考慮する必要があるが、負荷量全体に与える上述の影響は小さいと判断して本研究では毒性等量TEQを用いて計算している。DXNsの分析方法には、一部公定法として認可を受けたCALUX®アッセイ法を用いた。また Q は水文流出解析モデル(BASINS-HSPF, 米EPA)による再現計算をもとに時間流量を設定し、 C_{ss} は季節変化を考慮した $L(C_{SS})-Q$ 回帰式(式5)を用いて平均値と信頼区間を設定した。

$$\log C_{ss} = a + b \times (\log Q)^c + d \times \sin((t+e) \times 2\pi/365.25) \quad \text{式 5}$$

t : Julian Days (日), a, b, c, d, e : 回帰パラメータ

3. 結果と考察

3.1 野洲川中流域のDXNs流出負荷量の推定結果

98年におけるDXNs年間流出負荷量の推定結果をパラメータの設定値別に図1に示した。この結果、負荷量の予測平均値は3.3gTEQ/yrとなったが、 S_{soil} の設定値によっては0.6~19.0gTEQ/yr程度の範囲を取り得ることが分かった。本研究では S_{soil} の信頼区間を流出形態のみで区分して推定したが、実際には集水域特性の影響も無視できないために推定負荷量がばらついたものと考えられる。図2には推定されたDXNs年間流出負荷量の予測平均値について流出形態・存在形態別に構成割合をまとめた。この図から降雨時(延べ35日間)の懸濁態DXNsによる流出負荷量が年間値の大部分(8割弱)を占めることが明らかとなった。一方で晴天時(延べ283日間)の流出負荷量に占める溶存態DXNsの割合が約1割となったことから、親水空間としての河川という観点から見れば決して無視できないことが予測された。

3.2 集水域特性の影響

場所によって河川水中DXNsに与える起源影響が異なるため、ここでは集水域特性(水田面積率)と河川水中 S_{soil} との比較を試みた(図3)。なお、筆者らは野洲川流域土壌の実測調査から土壌中 S_{soil} が森林と水田とで大きく異なることを明らかにしている。図3の結果から S_{soil} は集水域の水田面積率が大きくなるほど高い値となり、上限値は水田土壌の S_{soil} と近い値となっていることが分かった。この考え方は他流域へ応用できる可能性がある。

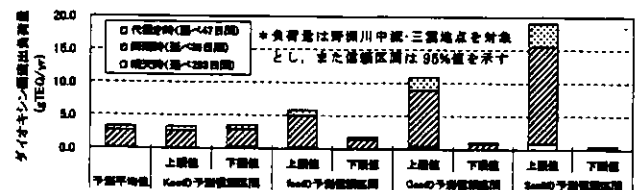


図1 河川水中ダイオキシン類のパラメータ設定値別年間流出負荷量

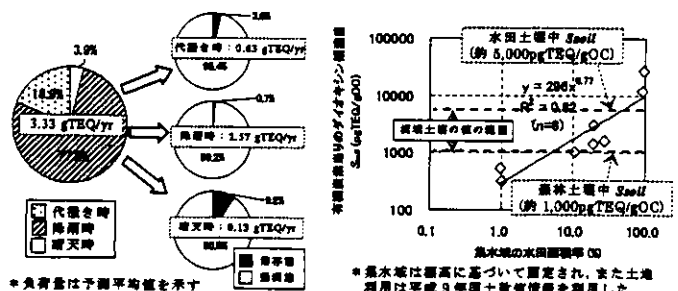


図2 ダイオキシン類年間流出負荷量の流出形態・存在形態別構成 図3 ダイオキシン類濃度に与える集水域特性の影響

*本研究は環境省環境技術総合推進費補助金の助成を受けて遂行されました。