

II-386

有機スズ化合物の環境動態について

京都大学環境保全センター

渡辺 信久 酒井 伸一 高月 紘

優れた殺生物性を示す3種の有機スズ化合物は海洋等での防汚剤及び船底塗料（水の抵抗を増す藻や貝類の付着を防ぐ）を中心に広く使われてきている。中でも、トリブチルスズ化合物（以下、TBTと記す）は、その高い毒性（水生生物のLC₅₀は、数ppbに集中し、さらに低濃度で、幼生の生育不良が顕著に起こる）と蓄積性から、大きな問題となりつつある。本研究では、閉鎖性水域に放出されたTBTの環境動態を解析するため、水系環境のコンパートメントモデルを定式化し、現在得られているパラメーターをもとにして、試算を行った。

1 評価環境の設定と基礎式

船底塗料等に用いられているTBTが大量に放出される先は、産業活動の盛んな閉鎖性水域であることが多い。そのため、解析の対象とする「評価環境」としては水系環境を設定した。そして水系環境を3つのコンパートメントに分け、それぞれ、表面マイクロ層コンパートメント、水コンパートメント、底質コンパートメントとした。図1に設定した評価環境を示す。

さらに、3コンパートメント系での定式化を以下のようにおこなった。ここではTBTからブチル基がはずれることを分解と呼ぶ。

表面マイクロ層コンパートメント（添え字は“su”）

$$V_{su} \frac{dC_{su}}{dt} = A_{su,w} J_{w,su} + bA_{su,w} C_w - wV_{su} C_{su} - r_{su} V_{su} C_{su} \quad (1)$$

水コンパートメント
（添え字は“w”）

$$V_w \frac{dC_w}{dt} = A_{su,w} J_{s,u,w} + A_{w, sed} J_{sed,w} - bA_{su,w} C_w + wV_{su} C_{su} - m_{dep} A_{w, sed} K_{SS,w} C_w + m_{ent} A_{w, sed} C_{sed} / \rho_{sed} - r_w V_w C_w + I_w \quad (2)$$

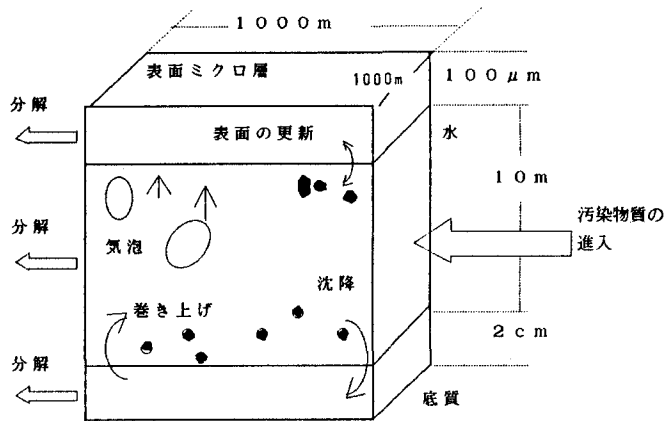


図1 設定した評価環境

底質コンパートメント（添え字は“sed”）

$$V_{sed} \frac{dC_{sed}}{dt} = A_{w, sed} J_{w, sed} + m_{dep} A_{w, sed} K_{SS,w} C_w - m_{ent} A_{w, sed} C_{sed} / \rho_{sed} - r_{sed} V_{sed} C_{sed} + I_{sed} \quad (3)$$

2 パラメーターの推定

設定した評価環境の体積等は、図1の通りである。この他、TBTの輸送に関するパラメーター、および分解速度定数などが必要である。これらのパラメーターを推定した結果を表1に示す。

表1 パラメーターの推定

記号	内容	値 (単位)	Ref.
$J_{i,j}$	濃度勾配によって生じるTBTのフラックス	Negligible	
b	気泡によるTBTの輸送係数	$0.03 \sim 0.1 \sim 0.3$ (m/hr)	1)
W	波等による水表面の更新率	$0.1 \sim 1 \sim 10$ (1/hr)	
$K_{w,SS}$	水中濃度からSS中濃度への換算係数	3 ((mol/kg)/(mol/m ³))	2)3)
I_w	TBTの水コンパートメントへの進入量	1 (or 0.5) $\times 10^{-3}$ (mol/hr)	
I_{sed}	TBTの底質コンパートメントへの進入量	0 (or 0.5) $\times 10^{-3}$ (mol/hr)	
M_{dep}	SSの沈降水量	$1 \sim 2 \sim 5 \times 10^{-4}$ (kg/hr/m ²)	4)
M_{ent}	底質の巻き上げ量	$1 \sim 2 \sim 5 \times 10^{-4}$ (kg/hr/m ²)	
ρ_{sed}	底質の密度 (乾燥密度)	2500 (kg/m ³)	
r_{su}	表面マイクロ層コンパートメントでのTBTの分解速度定数	$3 \sim 14 \sim 60 \times 10^{-3}$ (1/hr)	5)6)
r_w	水コンパートメントでのTBTの分解速度定数	3×10^{-4} (1/hr)	7)8)
r_{sed}	底質コンパートメントでのTBTの分解速度定数	2×10^{-4} (1/hr)	9)

注；アングラーラインは「標準的な値」である。

3 動態モデルの解析

上述のモデル式に、表1で示すパラメーターを代入して解を得た。パラメーターに幅がある場合は「標準的な値」を用いた。定常状態に達したときのTBTの運命を図2に示す。

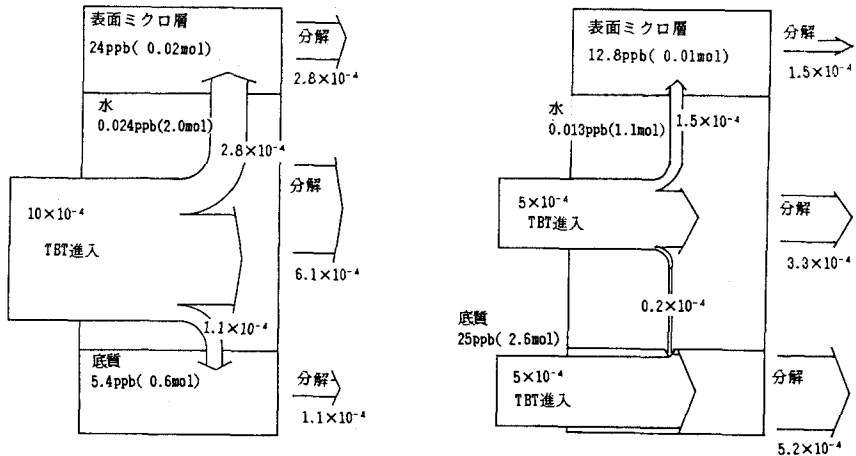
TBTの船底塗料からの溶出に起因する I_w に

ついては、3割が表面マイクロ層コンパートメントで分解を受けている。しかし、底質コンパートメントに、汚染物質が直接進入すると、他のコンパートメントへ移動しにくいいため、底質コンパートメント中のTBT保持量及び濃度は、容易に上昇することが読み取れる。

しかし、ここで用いたパラメーターの値は、あくまで幅のある値の代表値であり、この結果は計算の一例に過ぎない。今後は、これらのパラメーターの推定のための、実験的研究もまじえた更なる研究の発展が必要であろう。

参考文献

1) Wallace G.T.Jr. et al., 1978, Limnol. Oceanogr., Vol. 23, 1155-1167, 2) Maguire R.J., 1986, Oceans, Vol. 4, 1252-1255, 3) Cardwell R.D. et al., Oceans, Vol. 4, 1117-1129, 4) 清水ら, 1985, 水質汚濁研究, 8巻, 304-313, 5) 高橋ら, 1987, 日本化学会誌, 181-185, 6) Maguire R.J. et al., 1983, J. Agric. Food Chem., Vol. 31, 1060-1065, 7) Maguire R.J. et al., 1985, J. Agric. Food Chem., Vol. 33, 947-953, 8) Clark E.A. et al., 1988, Environ. Sci. Technol., Vol. 22, 600-604, 9) Stang P.M. et al., 1986, Oceans, Vol. 4, 1256-1261



a) 水コンパートメントにのみ、TBTが進入

b) 水コンパートメントと底質コンパートメントの両方に同量ずつTBTが進入

図2 定常状態に達したときのTBTの運命

注1) 単位は、特に示していないものについては mol/hr
 注2) 各コンパートメントでの濃度はスズ換算
 注3) ()内は各コンパートメントでのTBTの保持量