

II-658

塩分の変動する環境下における直鎖アルキルベンゼンスルホン酸塩(LAS)の挙動に関する検討

阿南工業高等専門学校 正○上月康則, 鳥取大学工学部 正 細井由彦,
徳島大学工学部 正 村上仁士, 徳島大学工学部 正 伊藤禎彦,
徳島大学大学院 学 大野伸也

1. まえがき

筆者らは感潮域でのLASの挙動を明らかにするために, LASの挙動に及ぼすSSや塩分の変動の影響について検討を行ってきた。その結果, 塩分の変動はLASの生分解活性を抑制¹⁾し, SSへの吸着を促進させる²⁾ことや, SSの存在によって水環境中のLAS生分解活性が高められる¹⁾ことを明らかにしてきた。本研究では水中でのLASの挙動に関する概観を得ることを目的に, これらまでの知見をモデルで表現することを試みた。

2. モデルの構造

本モデルは感潮域に流入したLASが滞留する間に生分解とSSへの吸着を繰り返しながら海域に流出, あるいはSS吸着態LASが底質へ沈降するまでを表現する。ここで, 生分解活性に及ぼすSSの影響をも考慮するために生分解の場を水中とSS界面に区別して扱う。基礎式を図1に示す。細菌はMONODの式で表されるように増殖するものの塩分の変動 $|dS/dt|$ に比例して付着細菌(B_A)と浮遊細菌(B_F)は死滅し, さらにSS界面上で増殖した付着細菌の一部は水中に脱離することが塩分の変動する中でのLAS分解に関する η の実験によって明らかにされている^{1) 8)}。これらのことを塩分感受性係数(I_A, I_F)と脱離係数(Z)で表す。またLASはSS界面上に吸着濃度(Q)と飽和濃度($k \cdot c^{1/n}$)の差に比例して吸着速度定数(ζ)によって吸脱着すると考えた。このSSに吸着したLASはSSの沈降(w)と共に底質に堆積する。

$$\begin{aligned}\mu_A &= \mu_{max} \frac{q}{K_M + q} \\ \mu_F &= \mu_{max} \frac{c}{K_F + c} \\ \frac{dB_A}{dt} &= \mu_A \cdot B_A - Z \cdot B_A - I_A \cdot \left| \frac{dS}{dt} \right| \cdot B_A \\ \frac{dB_F}{dt} &= \mu_F \cdot B_F + Z \cdot B_A - I_F \cdot \left| \frac{dS}{dt} \right| \cdot B_F \\ \frac{dc}{dt} &= -\mu_F \cdot \frac{B_F}{Y_F} - \zeta \cdot (k \cdot c^{1/n} - Q) \cdot \frac{SS}{1000} \\ \frac{dQ}{dt} &= -\mu_A \cdot \frac{B_A}{Y_A} + \zeta \cdot (k \cdot c^{1/n} - Q) - Q \cdot w \cdot \frac{1}{h} \cdot SS \\ \frac{dD}{dt} &= Q \cdot w \cdot \frac{1}{h} \cdot \frac{SS}{1000}\end{aligned}$$

Q (g/kg), q (g/m³); 吸着態LAS濃度
 c (g/m³); 溶解態LAS濃度
 B_A (g/m³); 付着細菌数
 B_F (g/m³); 浮遊細菌数
 D (g/m³); 沈降LAS濃度

図1 モデル式

SS濃度, 塩分濃度, 水位の変動は細井ら^{4) 5)}の徳島市内を流れる感潮河川での現地観測を参考に求めた。特にSS濃度は副振動などの影響によって, 潮位変動より約半周期に近い位相のずれが観測されている。またSSの沈降速度は既報文献値⁶⁾から $w=3.8 \cdot 10^{-6}$ (1/hr)を用いた。

浮遊細菌の塩分感受性係数 I (1/%)はSSを除去した試料を用いた塩分の変動する中でのLAS生分解試験¹⁾の結果より次のように求めた。LAS生分解中に増殖期にあり, 死滅項を無視できるとすると細菌の増殖は塩分の変動を関数として1)式のように表される。

$$dB/dt = \mu \cdot B - I_F \cdot |dS/dt| \cdot B \quad (1)$$

ここで, $|dS/dt| = 0$ の時の右辺を A_0 , $|dS/dt| \neq 0$ の時のそれを A_S とすると, $A_0 - A_S$ と $|dS/dt|$ (図中DS)の関係は図2のようになり, この結果から, $I_F=0.72$ が得られた。さらにLASを基質とする浮遊細菌の増殖収率 Y_F もSSを除去した試料を用いたLAS生分解実験結果⁹⁾から, $Y_F=0.11$ が得られた。

この他の値は実験によって得ることは困難であったことから, 塩分が変動する中でのLAS生分解に関する4回の実験結果^{1) 8)}から最小自乗法とカーブフィッティングによって求めた。ここでLAS濃度と細菌数の時間変化の両データを用いてパラメータ値の決定にあたり, 高い相関を得ることはできなかった。この理由としてLAS生分解に関与する細菌を特定して

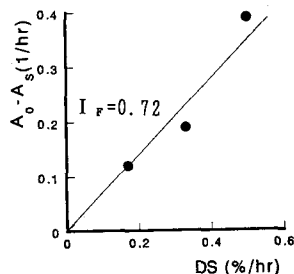


図2 塩分感受性係数

取り扱うことができていないことと、付着細菌が脱離することによって浮遊細菌となる際に生じる生理活性の変化を厳密に表現しきれていなかったためであると考えられる。本研究ではLASの挙動を明らかにすることを第一の目的とするので、LAS濃度の実験データを用いてパラメータ値を表1のように決定した。平均相関係数は0.97であった。

表1 パラメータ値

増殖速度 (1/hr)	$\mu_{maxA} = 3.08$ $\mu_{maxF} = 2.20$
塩分ストレス感受性係数 (sec/%)	$I_A = 0.38$ $I_F = 0.72$
収率 (g/g)	$Y_A = 0.44$ $Y_F = 0.11$
半飽和定数 (g/m ³)	$KS_A = 0.001$ $KS_F = 0.06$
脱離速度 (1/hr)	$Z = 0.264$
塩分濃度 (%)	$S = 2.37 + 0.45 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{370} \cdot t\right)$
SS濃度 (mg/l)	$SS = 12 + 5.55 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{370} (t + 280)\right)$
沈降速度 (1/hr)	$w = 3.8 \cdot 10^{-4}$
水位 (m)	$h = 3.6 + h_0 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{370} \cdot t\right)$ 大潮時: $h_0 = 0.45$ 小潮時: $h_0 = 0.05$

4. モデル計算結果と考察

これらのモデルを用いてLASが塩分濃度、SS、水位の変動が一様であると見なせる感潮部に流入した後のLASの運命予測を行った。流入LAS濃度は現地観測から0.4mg/lとした。計算は夏期(25℃)、冬期(10℃)の大潮時(水位差90cm)と小潮時(水位差10cm)のそれぞれについて行った。図3 a)からd)では、LASの底質への移動量、SS界面上と水中での生分解量の流入量に対する比率と、LASの滞留時間の関係を表す。また一潮汐間に移動、生分解されたLAS量(g)と除去率を表2に示す。

計算結果より、水温の低下によって夏期に比べ冬期の方が、塩分の変動が大きくなるために小潮時に比べ大潮時の方が生分解活性が抑制されLASの除去量が小さくなることが示されている。そこでLASの除去量に及ぼす水温と塩分の変動の影響について比較、検討してみる。表2から夏期、小潮時の一潮汐間にLASは1909.8g除去される。これに対して、水温の低下する冬期の小潮時には1365.5g除去されるものの、塩分の変動が大きな夏期、大潮時には552.2g除去される程度である。つまり潮汐の状況によっては、LASの除去量には水温の変化よりも塩分の変動の影響の方が大きな影響を与える場合があることが示されている。また生分解が抑制される大潮時にはSS界面上での生分解量の感潮域全体での除去量に占める割合が大きくなることが示されている。これは付着細菌の耐塩分ストレスによるものと考えられる。

5. まとめ

感潮域のLASの環境動態を把握する目的で、ハッゲ実験で得られた知見を基にモデル計算を行った。その結果、潮位変動にともなう塩分の変動はLASの挙動に大きな影響を与えることから、塩分の変動の影響を無視し、LASの挙動を評価すると大きな誤差を生じる恐れがあることを示すことができた。

<参考文献> 1)塩分が変動する環境下におけるLASの分解に及ぼすSSの影響, 上月康則ら, 年講, 1994. 2)感潮河川における陰イオン界面活性剤の懸濁物質への吸着特性に関する研究, 水質汚濁, 上月康則ら, 1991. 3)SS界面における細菌の増殖特性, 上月康則ら, 中四, 1994. 4)感潮河川における水質の塩分濃度依存特性, 細井由彦ら, 中四, 1992. 5)感潮河川の水質に及ぼす潮位振動の影響について, 細井由彦ら, 水質汚濁研究, 1983. 6)強混合河川感潮部における物質輸送と水質交換に関する研究, 二渡了, 学位論文, 1993.

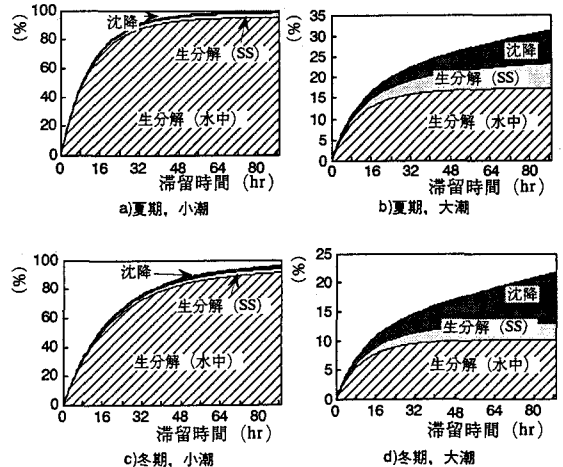


図3 計算結果

表2 一潮汐間におけるLASの挙動

	流入量	生分解 (水中)	生分解 (SS)	沈降
夏期、小潮時 (g)	3903	1830.5	59.4	19.9
(%)	100	46.9	1.5	0.6
夏期、大潮時 (g)	3903	449.7	49.3	53.2
(%)	100	11.5	1.2	1.4
冬期、小潮時 (g)	3903	1307.1	34.8	23.6
(%)	100	33.5	0.9	0.6
冬期、大潮時 (g)	3903	274.0	34.2	55.0
(%)	100	7.0	0.9	1.5