

細菌付着担体による海水浄化における律速条件に関する考察

徳島大学工学部	710-	村上仁士
京都大学工学研究科	正員	伊藤禎彦
(株)日建技術コンサルタント	正員	落合道和
(株)フジタ建設コンサルタント	正員	○河野通治

1. はじめに

汚濁の進んだ内湾や沿岸域等の水質改善のために、生物作用等を利用した浄化技術の開発が盛んに行われている。そこでは、河川の水質改善に実績のある礫間接触酸化法に着目され、海水への適用が検討されることが多い。本研究では、礫の代わりに多孔質コンクリートを用いた浄化施設により海水の浄化を行う場合、その浄化施設の設計段階において考慮すべき事項を知るために、海水浄化における律速条件について考察を行ったものである。

2. 浄化実験

著者らは海水浄化実験プラントを独自に製作して徳島県小松島港湾内に設置し、その浄化能の定量化を行っている¹⁾。ここでは、その浄化機構について考察するために、多孔質コンクリートおよび普通コンクリートを用いた浄化実験を行った。直径15cmの円柱型テストピースを室内の礫間接触酸化模型水路に設置し、流量を変化させて有機物の浄化実験を行い、その結果から反応速度定数を求めた。多孔質コンクリートおよび普通コンクリートは、海水浄化プラント内に約3～6か月間浸漬し、十分に細菌を付着させたものを用いた。図-1にその結果を示す。なお、大潮時小潮時の流量は横軸の流量の範囲に含まれている。図-1を見ると、普通コンクリートは流量

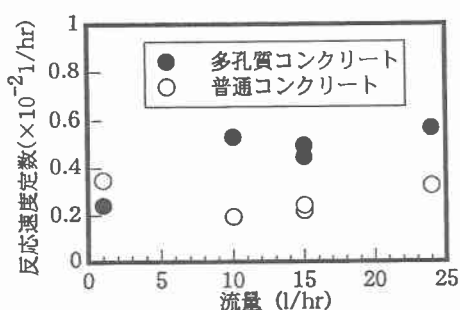


図-1 有機物分解における反応速度定数に対する流速の影響

の変化に対して反応速度定数がほぼ一定であるのに対し、多孔質コンクリートでは流量が大きくなるとともに反応速度定数も大きくなる傾向が見られる。しかし、全体としては有機物の分解能は流量の影響を受けにくいことがわかる。

3. 律速条件の検討

海水浄化に用いられる装置は接触材上の付着細菌に依存することから、主流から接触材面への基質の物質移動がきわめて重要になる。接触材表面の構成を考える場合、生物膜上の境界膜が物質移動を支配（律速）するか、生物膜内での拡散が律速条件となるか、生物反応が律速条件となるかである。上に示した浄化実験においては、流速による浄化能の差は明確ではなかった。そこで、これらのコンクリート担体を用いた海水の浄化能が、何に支配されているのかを明らかにするための考察を行う。基礎式には、生物分解能を定量的に比較検討するために、住友ら²⁾により導かれた基質分解速度式を用いた。

$$\frac{dC}{dt} = -\frac{k_b \cdot M \cdot \delta}{R} \cdot \frac{C}{\left(\frac{\tau}{\tanh(\tau)} K_c + \frac{k_b \cdot M \cdot \delta}{k_m} \right) + C} \quad (1)$$

ここに、C：基質濃度， $k_b (= \mu_m / Y)$ ：最大基質消費速度， μ_m ：最大比増殖速度，Y：収率係数，M：単位体積当たりの細菌数， k_m ：境界膜移動係数， K_c ：ミカエリス定数， δ ：境界膜拡散係数， $\tau = (k_b$

・ $M/D \cdot K_c)^{1/2} \delta$, R : 径深, δ : SS 層厚である. この基質分解速度式中の生物膜内拡散抵抗項 $\tau \cdot K_c / \tanh(\tau)$, 境膜内物質移動抵抗項 $k_B \cdot M \cdot \delta / k_m$, 主流基質濃度項 C を調べることで律速条件を知ることができる.

実験結果および文献値から, パラメータ値を表-1~3のように設定し, 基礎式中の卓越項を検討した. 生物膜内拡散抵抗項, 境膜内物質移動抵抗項, 主流基質濃度項の3者の計算結果を表-4に示す. 3者を比較すると, 多孔質コンクリートの表面, 内部, 普通コンクリートのいずれの場合においても主流基質濃度項が卓越していることがわかる. このことは, 基質分解速度は生物層内での生物反応そのものが律速条件となっていることを示す. また, このパラメータ値から反応速度定数 $k_r = k_B \cdot M \cdot \delta / R$ を求めると表-5のようになる. これより多孔質コンクリートは普通コンクリートの3~4倍の浄化能を発揮し得ることが考えられる.

4. まとめ

以上のことより実際の沿岸域において海水浄化施設を設計するにあたり, 以下のことについて考慮する必要がある.

・物質移動抵抗項の値は極めて小さいので, 浄化装置の設計においては流速条件を考慮して形状を決める必要はない.

・生物膜内の生物反応そのものが律速条件であるため, 活性のある生物をいかに多く保持できるかが除去率向上の決め手となる. このとき生物膜内拡散抵抗項は小さいので, 生物膜の過密さが浄化能を阻害する可能性は少ないと考えられる.

・ k_B を大きく保てばよい. すなわち微生物を活性のある状態に保つことである. $M \cdot \delta$ を大きくすればよい. すなわち多くの生物を保持でき, 剥離しにくい構造の担体を採用する. 径深 R を小さくする. すなわち潤辺を大きくすればよい. これらの点で多孔質コンクリートは普通コンクリートと比較して大変有利と言える. また多孔質コンクリートについてもできるだけ粒径の小さな骨材を使用するなどの工夫があげられる.

さらに以上のことは, 著者らが見いだした有効菌である *Pseudomonas paucimobilis*³⁾ を添加することが効果的な手段であることを示唆している.

参考文献

- 1) 村上仁士, 伊藤禎彦, 水口裕之, 上月康則, 北岡茂樹, 豊田裕作: 海水浄化実験プラントを用いた水質浄化能の定量化に関する調査研究, 第2回土木学会四国支部技術研究発表会概要集, (1996)
- 2) 住友恒, 松岡謙, 松本忠生, 森岡泰裕, 下村聡: 生物分解能の装置化に関する動的考察-生物分解による上水高度処理に関する研究-(4)-, 水道協会雑誌第627号, pp. 2~7, (1986)
- 3) 伊藤禎彦, 村上仁士, 細井由彦, 坂東広之: 海水中難分解性有機物の分解微生物の探索に関する研究, 海岸工学論文集, 第40巻, pp. 1056~1060, (1993)

表-1 計算に用いたパラメータ値

項目	単位	パラメータ値
K_c	mg/cm ³	7.0×10^{-4}
μ_m	1/日	2.8
Y	l/mg	6×10^8
k_B	mg/日	3.47×10^{-9}
D_s	cm ² /日	1.12×0.8
k_m	cm/日	45
δ	cm	表-2
M	CFU/cm ³	表-3
R (多孔コンクリート)	cm	0.190
R (普通コンクリート)	cm	0.524

表-2 計算に用いた δ の値

多孔コンクリート 表面	cm	0.0137
多孔コンクリート 内部	cm	0.0113
普通コンクリート	cm	0.0218

表-3 計算式に用いた M の値

多孔コンクリート 表面	CFU/cm ³	5.1×10^6
多孔コンクリート 内部	CFU/cm ³	1.2×10^6
普通コンクリート	CFU/cm ³	3.3×10^5

表-4 各項の計算結果

	単位	多孔コンクリート 表面	多孔コンクリート 内部	普通コンクリート
生物膜内拡散抵抗項	mg/cm ³	7.0×10^{-4}	7.0×10^{-4}	7.0×10^{-4}
境膜内物質移動抵抗項	mg/cm ³	5.1×10^{-7}	6.7×10^{-7}	4.5×10^{-7}
主流基質濃度項	mg/cm ³	6.0×10^{-3}	6.0×10^{-3}	6.0×10^{-3}

表-5 反応速度定数

	$\frac{k_B M \delta}{R}$ (mg/cm ³ 日)
多孔コンクリート 表面	1.2×10^{-4}
多孔コンクリート 内部	1.58×10^{-4}
普通コンクリート	3.9×10^{-6}