

1. はじめに

散水汙床のような固定床方式における特有の現象として、生物膜の脱落があり、設計および操作管理上重要な問題である。散水汙床においてはこの脱落の原因として、(イ)生物膜底部での嫌氣的分解、(ロ)汙床バエの幼虫等によるgrazing、(ハ)流水による洗掘、および(ニ)生物膜の自重などが挙げられる。すなわち、上記の原因が複雑に関連し、まず生物膜が汙材表面より分離し、次いで自重により落下して、脱落が起ると考えられる。また、HowellとAtkinson¹⁾は汙材-生物膜界面での基質濃度が限界値以下になると脱落が起ると報告している。

筆者等は汙材によって生物膜を支持できる量(支持限界量)と生物膜が増殖できる最大量(増殖容量)との比較から脱落を考えた²⁾。さらにここでは、支持限界量に及ぶ汙材の材質と形状の効果について検討する。

2. 脱落の考え方

生物膜の増殖は

$$\frac{dX}{dT} = a \cdot \frac{dS}{dT} - b \cdot X - \frac{dC}{dT} \quad \text{----- (1)}$$

で表わせ、散水開始後からの生物膜重量は増殖期においてBOD除去量と流出SS量を一定と仮定することにより、次式となる³⁾。

$$X = \frac{a \cdot \Delta S - \Delta C}{b} \left\{ 1 - e^{-b(T-T_0)} \right\} + X_0 \cdot e^{-b(T-T_0)} \quad \text{---- (2)}$$

散水期間が長くなると、Xは $(a \cdot \Delta S - \Delta C)/b$ に漸近してゆき、与えられた条件で生物膜が増殖できる最大量、すなわち増殖容量は

$$G_c = (a \cdot \Delta S - \Delta C)/b \quad \text{----- (3)}$$

となる。ここで、汙材により生物膜を支持できる最大量を支持限界量(S_L)とすると、 $G_c > S_L$ の場合、脱落が起る。一方、 $G_c < S_L$ の場合、生物膜は増殖容量まで増殖でき、脱落は起らないことになる。これらの関係を図1に示す。

なお、生物膜の増殖を考える際にはgrazersの効果は入っていない。また、流出SS量は生物膜表面が流水により剪断され、汙床流出水中に連続的に出てくるものであり、脱落は生物膜が汙材表面から分離し落ちるもので、不規則である。

3. 実験装置および方法

実験汙床は幅3cm、高さ3cmのL型断面で、長さ50cmの傾斜板と径約2.6cmのセメントモルタル球を10個連ねたものを使用した。傾斜板の材質はセメントモルタルと塩化ビニールで、形状効果を調べるために傾斜角度を各

[使用記号]

a =転換率、 b =自己酸化係数(日^{-1})、 C =流出SS量(g)、 ΔC =平均流出SS量($g/\text{日}$)、 G_c =増殖容量(乾燥 g)、 S =BOD除去量(g)、 ΔS =平均BOD除去量($g/\text{日}$)、 S_L =支持限界量(乾燥 g)、 T =散水開始後からの日数(日)、 T_0 =ラグ期間(日)、 X =生物膜重量(乾燥 g)、 X_0 =ラグ期間内生物膜蓄積量(乾燥 g)。

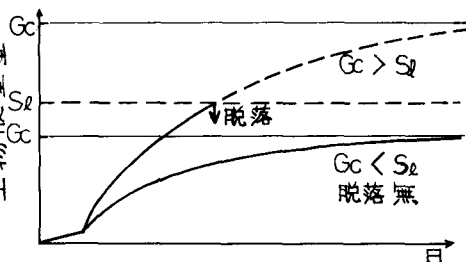


図1. 生物膜増殖容量と脱落との関係

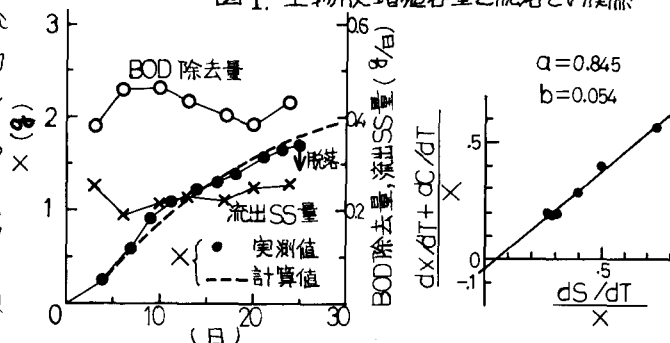


図2. セメントモルタル汙材傾斜角30°における実験結果(26.6℃)

表. 実験結果

実験	平 材	脱 落 状 況					増 殖 容 量			生物膜 乾燥 量	
		脱落日 n日経	平均温度 (°C)	脱落部	脱落時生 乾燥重量 S _L (g)	生 湿潤重量 (g)	平均厚 (cm)	乾 燥 G _c (g)	湿 潤 (g)		平均厚 (cm)
第1回目	セ・30°	25	26.6	全体	1.704	61.5	0.40	2.534	91.5	0.59	0.0277
	セ・60°	22	26.6	下部1/2	1.653	562	0.36	2.593	88.2	0.57	0.0294
	セ・球	25	26.6	上部1/2	2.301	865	0.35	3.427	128.8	0.50	0.0266
	セ・30°	25	26.6	全体	1.274	51.0	0.33	2.202	88.4	0.58	0.0249
	セ・60°	17	25.5	下部1/2	0.560	255	0.17	1.364	62.0	0.40	0.0220
第2回目	セ・30°	脱落無 (実験期間7日, 平均温度18.3°C)						4.061	118.1	0.76	0.0344
	セ・60°	43	19.8	全体	4.090	147.7	0.95	4.534	163.7	1.06	0.0277
	セ・球	脱落無 (実験期間7日, 平均温度18.3°C)						5.996	164.3	0.58	0.0365
	セ・30°	27	20.8	全体	0.892	40.0	0.26				
	"	53	19.4	下部1/2	2.344	105.1	0.69	4.066	182.4	1.19	0.0223
	セ・60°	25	21.0	下部1/2	0.774	35.0	0.22				
	"	35	20.3	上部1/2	1.105	50.0	0.32				
	"	49	19.6	下部1/2	2.116	95.7	0.62	4.360	197.3	1.29	0.0221

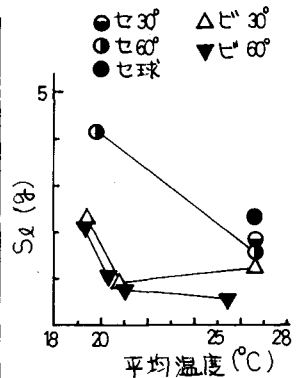


図3. 支持限界量(S_L)

材質について30°と60°にした。流入水はグルコースとグルタミン酸ソーダを主成分とした合成下水を用い、BODを260 ppmとした。また、散水量は毎分3 mlとした。実験はS_{53.5.30}~6.24(第1回目)とS_{53.10.2}~12.2(第2回目)の期向で2回行った。浮床流出S量はNo.5B浮紙を用いて決定した。

4. 実験結果および考察

実験結果の代表的例としてセメントモルタル浮材で傾斜角30°の場合を図2に示す。生物膜は4日間のラグ期後、急激に増殖し始め、25日目に1.7 gの時点で脱落を起した。aとbは式1を変形し、図2のように横軸として軸に角して各時点の各々の値をプロットし、直線の勾配と切片として決定される。この場合の実験で得られたΔS, ΔC, aおよびbにより増殖容量を計算すると、2.5 gとなり、G_c > S_Lの場合になる。各々の浮材条件における結果を表にまとめる。脱落時生物膜重量は脱落した生物膜と浮材に残った生物膜とを合計したものである。また、生物膜平均厚さは乾燥固形分の体積を無視して計算した。

図3は実験期間中の平均温度に対して、支持限界量をプロットしたものである。温度が高い方がS_Lは小さくなった。同じ傾向はセメントモルタル球で他の負荷条件の場合にも得られている²⁾。これは高温時に生物膜底部での嫌氣的分解が活発になること、また温度によって生物膜を構成する微生物相に変化があり、高温ではよりくずれやすくなることなどが考えられる。材質としてはセメントモルタルの方が塩化ビニールに比べて、S_Lは大きくなった。特に、低温時での両者のS_Lにおける差は大きくなった。これは生物膜底部での嫌氣的分解と関連し、高温時には生物膜と浮材表面との分離の進行は大きいのに比べ、低温時には分離の進行は小さく、浮材表面の性状の差が大きく影響するものと考えられる。また、浮材の形状効果として傾斜角を30°と60°に変化させた場合を比べると、30°の方がS_Lは大きくなったが、両者の差は小さかった。第1回目実験の平面と球とを比較すると、球のS_Lの方が大きくなった。これは球の場合、生物膜が浮材をつつむためと考えられる。

なお、第2回目実験においてセ・30°とセ・球ではこの期間内で脱落はなかった。同期間でのセ・60°のS_Lは4.04 gで、傾斜角の小さいセ・30°のS_Lはこれより大きくなることが予想される。一方、セ・30°のG_cは4.01 gであり、セ・30°ではG_c < S_Lとなり、さらに散水期間を延長させても脱落は起らないことになる。

5. むすび

脱落を起す時点における生物膜重量、すなわち支持限界量に及ぼす浮材の材質と形状の効果について実験研究を行った。支持限界量については浮材条件のほか、さらに散水負荷条件も考慮しなければならぬ。

最後に本研究を行うに当り御協力いただいた本学土木工学科卒業生菅原政一君、古山悦夫君および宮崎哲君に深く感謝致します。また、本研究は足工大同窓会学内助成を受けたものであり、関係各位に深く感謝致します。

〈参考文献〉1) Howell and Atkinson; Water Research, Vol. 10 (1976), 2) 本田; 第33回土木学会年講(1978), 3) 本田; 第15回衛生工学研究討論会(1979)。