活性汚泥フロック中の拡散係数について

岩手大学工学部　正員　○相澤治郎
石川　健
小田島政信

1　はじめに　活性汚泥法は　今日最も一般的に用いられている廃水処理法の一つである。活性汚泥内の物質移動を考える場合，フロック中の拡散係数を測定する必要がある。しかし　活性汚泥フロック中の拡散係数の研究は，あまり行なわれていない。本研究は，活性汚泥フロックについて未反応芯モデルから酸素の拡散係数を算出した。また，F/M比を変化させ振盪培養を行ない　拡散係数と汚泥性状の関係を検討した。

2　実験方法　(2-1) 馴養汚泥　汚泥は　M処理場の曝気槽から採取したものである。その汚泥について　表-1に示す人工下水により Fill and Draw によって馴養を行なった。水温は，20℃に保った。馴養汚泥について，以下に示す項目について分析・測定を行なった。①SV-30 ②MLSS，③SVI，④グルコース濃度，⑤pH，⑥汚泥CODcr，⑦汚泥Kj-N，⑧酸素吸収速度，⑨汚泥乾燥密度[1]，⑩汚泥湿潤密度[1,2]，⑪フロック数[1]，⑫フロック湿潤体積[1]，⑬フロック球相当直径[1]，⑭フロック比表面積[1]

表-1　人工下水基質組成

$C_6H_{12}O_6$	600 (mg/l)	240 (mg/l) as C
NH_4Cl	200 〃	53 〃 as N
Na_2HPO_4	15 〃	7 〃 as P
KH_2PO_4	15 〃	
$CaCl_2 2H_2O$	15 〃	4 〃 as Ca
KCl	15 〃	8 〃 as K
$MgSO_4 7H_2O$	15 〃	1 〃 as Mg
$FeCl_3 6H_2O$	15 〃	3 〃 as Fe
C:N:P	4.58 : 1 : 0.1	

(2-2)，振盪培養　実験条件は，混合液量300ml，振盪回数100回/min，水温20℃，培養F/M比 0，5，10，20，50である。F/M比は　汚泥量を約2000 mg/l と一定にし　投入グルコース量を変化させた。経過時間0，24，48，72，96，120，192，240，288時間の培養汚泥について　馴養汚泥と同様に，①～⑭の分析　測定を行なった。

3．拡散係数算出方法　活性汚泥フロックを球体並びに平板と仮定し，未反応芯モデルから次の二つの方法により拡散係数を算出した。

(3-1) フロック球相当直径からの拡散係数算出方法

活性汚泥フロックを球体と仮定し　酸素吸収速度試験，フロック球相当直径及び(1)，(2)式から拡散係数を算出した。

$$A_r/A' = 1 - \chi_c^3 \qquad 0 \leqslant \chi_c \leqslant 1 \qquad \cdots\cdots (1)$$

$$6 D_n C_s / A a^2 = 1 - 3\chi_c^2 + 2\chi_c^3 \qquad 0 \leqslant \chi_c \leqslant 1 \qquad \cdots\cdots (2)$$

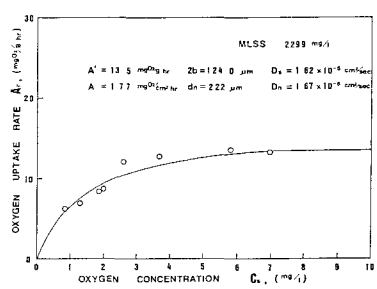

図1．馴養汚泥の酸素吸収速度試験の結果例

(3-2) 比表面積からの拡散係数算出方法

活性汚泥フロックを平板と仮定し，酸素吸収速度試験並びに　比表面積から，(3)式によって拡散係数を算出した。

$$A_r/A' = \left[(2C_sD_s)/Ab^2\right]^{1/2} - (2C_sD_s)/Ab^2$$

$$0 \leqslant C_s \leqslant C_{s=b}, \quad b = 2/A_v \qquad \cdots\cdots (3)$$

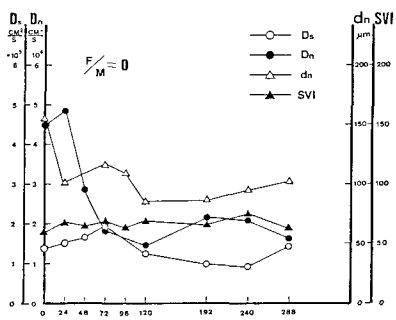

図2．F/M比0における経過時間ごとの拡散係数と汚泥性状

a：フロック球相当半径 ($=\frac{1}{2}dn$) (μm)，D_n：球相当直径による拡散係数 (cm²/sec)，D_s：比表面積による拡散係数 (cm²/sec)，A'：最大酸素吸収速度 (mgO₂/g-hr) 重量基準，A_r：酸素吸収速度 (mgO₂/g-hr) 重量基準，A：最大酸素吸収速度 (mgO₂/cm³-hr) 体積基準，C_s：フロック表面での酸素濃度 (mg/l)，χ_c：全フロック半径と無酸素部分の半径の比，A_v：フロック比表面積 (cm²)

C_{er}：最大酸素吸収速度を与えるフロック表面での最小酸素濃度(mg/l)，
dn：フロック球相当直径(μm)

4．実験結果及び考察　図1には，馴養汚泥の酸素吸収速度試験の結果を示したものである。実験には，馴養開始後20日以降の汚泥を使用した。SVIは，45～75で安定していた。馴養汚泥フロックを球体と仮定し，球相当直径を求めると121～222μmであり平均164μmであった。比表面積法によって馴養汚泥フロックを平板と仮定し比表面積を求めると323～925(cm^2)であり平均564(cm^{-1})であった。これらの値から(1),(2)式によって拡散係数(D_n)を算出すると，1.67～3.77×10^{-6}(cm^2/sec)であり平均2.33×10^{-6}(cm^2/sec)であった。また，(3)式によって拡散係数(D_s)を算出すると 1.10～2.23×10^{-5}(cm^2/sec)であり平均1.65×10^{-5}(cm^2/sec)であった。図2には，F/M比0における経過時間ごとの拡散係数及び汚泥性状を示した。SVIは，60～70とほぼ一定値を示した。フロック球相当直径は 24時間以降ほぼ一定で100μm程度であった。拡散係数(D_n)は，0時間で4.46×10^{-6}(cm^2/sec)から288時間後で1.58×10^{-6}(cm^2/sec)と経過時間が長くなるほど小さくなる傾向を示した。また 拡散係数(D_s)は，ほぼ一定で平均1.52×10^{-5}(cm^2/sec)であった。図3には F/M比5における経過時間ごとの拡散係数及び汚泥性状を示した。SVIは，0時間で74から120時間後に200と増加する傾向を示した。球相当直径は，ほぼ一定で平均135μm程度であった。しかしながら 拡散係数(D_n)は，0時間で8.98×10^{-6}(cm^2/sec)から120時間後に16.65×10^{-6}(cm^2/sec) と大きくなる傾向を示した。また，拡散係数(D_s)は，0時間で2.50×10^{-5}(cm^2/sec)から120時間後に7.70×10^{-5}(cm^2/sec)と大きくなる傾向を示した。図4には，F/M比10における経過時間ごとの拡散係数及び汚泥性状を示した。SVIは ほぼ40程度であり，球相当直径は，平均107μm程度であった。拡散係数(D_n)は，0時間で1.56×10^{-6}(cm^2/sec)から288時間後に8.66×10^{-6}(cm^2/sec)と大きくなる傾向を示した。拡散係数(D_s)は 経過時間による変化はあまり大きくなく平均2.00×10^{-5}(cm^2/sec)であった。図5には，F/M比20における経過時間ごとの拡散係数及び汚泥性状を示した。SVIは ほぼ一定で平均23程度であった。球相当直径は，0時間で188μmから288時間後に92μmと減少する傾向を示した。拡散係数(D_n)は，96時間後からわずかに減少する傾向を示した。また，拡散係数(D_s)も96時間後からわずかに減少する傾向を示した。図6には，F/M比50における経過時間ごとの拡散係数及び汚泥性状を示した。SVIはほぼ一定の40程度であった。球相当直径は 0時間で104μmから48時間後に147μmと増加した。拡散係数(D_n)は，24時間後からほぼ一定で平均1.79×10^{-6}(cm^2/sec)であった。拡散係数(D_s)も，ほぼ一定で平均1.86×10^{-5}(cm^2/sec)であった。

5．おわりに　拡散係数(D_n)は，汚泥性状や球相当直径に影響されるが拡散係数(D_s)は，(D_n)に比べてあまり大きな変化が見られなかった。

最後に本研究を行なうにあたり御指導戴いた大沼正郎教授，大村達夫助教授，海田輝之助手に感謝の意を表します。

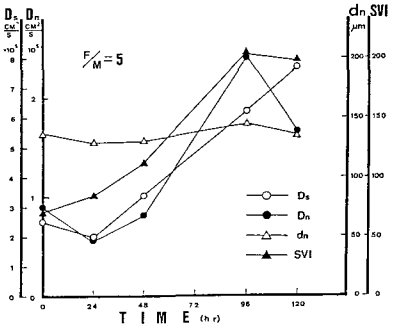

図3．F/M比5における経過時間ごとの拡散係数と汚泥性状

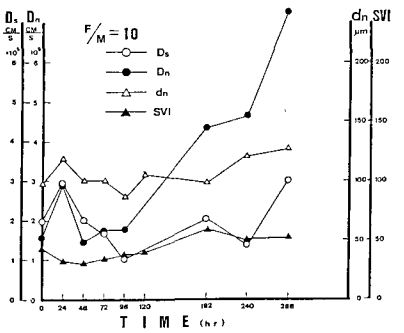

図4．F/M比10における経過時間ごとの拡散係数と汚泥性状

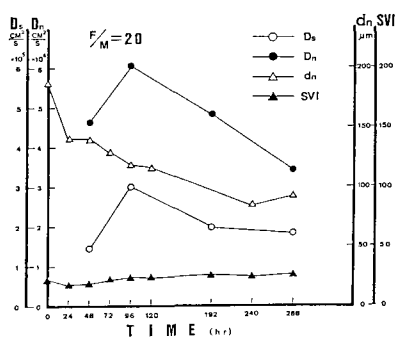

図5 F/M比20における経過時間ごとの拡散係数と汚泥性状

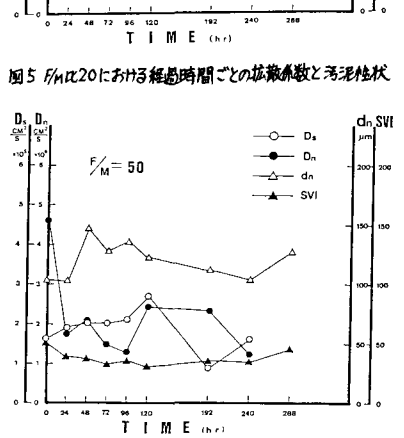

図6 F/M比50における経過時間ごとの拡散係数と汚泥性状

〈参考文献〉 1) J A.Mueller et al: Floc Sizing Techniques. Applied Microbiology, Jan, 1967, P125-134. 2)微生物研究法総談会編，微生物学実験法 1977. 3) J A.Mueller et al: Oxygen Diffusion Through Zoogloeal Flocs, Biotechnol, Bioeng-, 1968, p331-358