

管壁における付着生物膜の形成におよぼす流れの影響について

徳島大学工業短期大学部 正 細井 由彦
 同 上 正 村上 仁士
 徳島大学大学院 〇 学 依岡 克幸

1. まえがき 取水点から浄水場までの導水管内においてアンモニア性窒素が低減するといういくつかの報告がある。本研究はこれを浄水の前処理として積極的に利用することを念頭におきつつ、管路流における付着生物膜の形成過程と流れとの関係について実験を行い、予備的な検討を行ったものである。

2. 実験方法 共通の受水槽を持つ4本の塩ビパイプ（長さ3.8m）にポンプで水を循環させた。実験中適宜アンモニア濃度を測定し、アンモニア性窒素濃度が0.5～1.0ppmになるように調整した。実験は3シリーズ行い、1回目はNo.11とNo.14, No.12とNo.13が、2回目はNo.21～23が同じような水理条件になるようにした。（表-1）一定期間ごとにパイプの中間に設けた取りはずし可能な部分（長さ10cm）を回収し、管の内壁の付着物を無菌的に採取し、乾燥重量および硝化菌数をMPN法で求めた。さらに3か月間増殖を行わせた直径20mmのパイプによりアンモニア除去効果と流れとの関係についても実験を行った。（No.31～No.34）

3. 生物膜の形成と流れとの関係 管路内の流れは対数分布則によると次のように表わされる。

$$v/u_* = 1.75 + 5.75 \log(u_* d / 2\nu) \quad \text{滑面} \quad (1)$$

$$v/u_* = 4.75 + 5.75 \log(d/2k_s) \quad \text{粗面} \quad (2)$$

v ：平均流速， u_* ：摩擦速度， d ：管径， k_s ：相当粗度
 実験開始時はほとんど滑面とみなされるので表-1中の u_* は式(1)に v ， d を代入して得られるものを示した。

No.11～14における付着物の乾燥重量の経日変化を図-2に示す。管径の違いにかかわらず、平均流速あるいは摩擦速度の値に近いNo.11とNo.14，No.12とNo.13がよく似た増殖傾向を示している。そこで2回目の実験においては、管径の異なる3本がほぼ同じような流速および摩擦速度になるようにし、水理条件の相似性と増殖の相似性を調べてみた。その結果を図-3に示す。No.24に対してNo.21～23は似た傾向を示していることがわかる。No.22と23がとくに似ていることから、 u_* が初期増殖曲線には密接にかかわっていると考えられる。すなわちバクテリアの管壁への接触、付着にはシア効果としてその後の増殖には基質拡散層の厚さとして影響を与えているものと思われる。

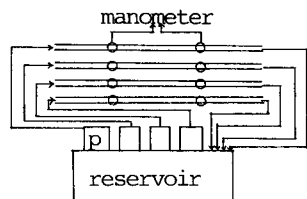


図-1 実験装置

表-1 実験条件

	d(cm)	v(cm/s)	u_* (cm/s)
No.11	2.8	103	5.6
No.12	2.0	193	10.1
No.13	1.3	180	10.0
No.14	1.3	85	5.2
No.21	2.8	95	5.2
No.22	2.0	100	5.7
No.23	1.3	92	5.6
No.24	1.3	179	10.0
No.31	2.0	89	8.5
No.32	2.0	76	7.7
No.33	2.0	57	6.0
No.34	2.0	45	4.8

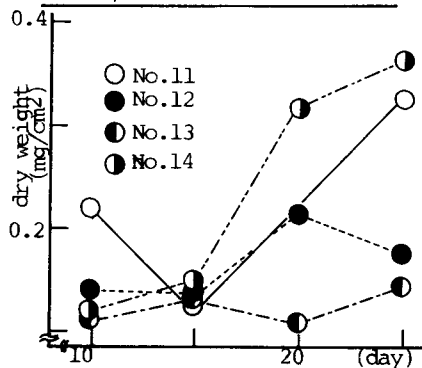


図-2 付着量の変化

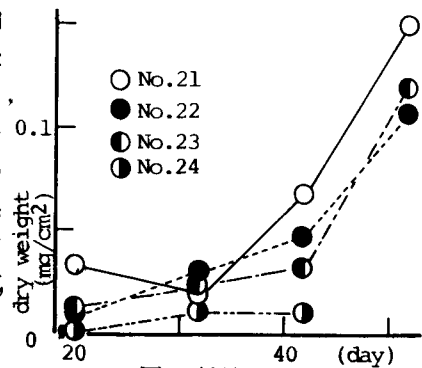


図-3 付着量の変化

従来から流速が速いほど初期の増殖は遅れるが基質の供給が促進されるため、以後の増加は速くなるという結果や、増殖に最適な流速が存在するという結果などが報告されているが、本実験の範囲では流速は阻害的に働いている。

図-4はNo.21~24における付着物中の硝酸菌数の変化を単位管壁面積当たりで示したものである。乾燥重量の場合ほど顕著ではないが、水理条件が似たものに増殖曲線の相似性が見られる。

4. アンモニアの除去と流れとの関係 3か月間培養を行った管路を使用して、アンモニアの除去に関する実験を行った。1実験は5日間行い、1日ごとに水温、流量、摩擦損失水頭およびアンモニア濃度の測定を行った。

アンモニア量の変化の様子を図-5に示す。流速が大きいほどアンモニアの減少が速くなっている。ここでは5日間の平均的なアンモニア除去速度 R (mg/日) と、除去過程を1次反応として扱い、反応係数 k (1/日) を求めた。 R および k と平均流速との関係を図-6に示す。流速が60cm/sをこえると、急激に除去効果が大きくなっている。

生物膜装置による下水処理の知見によれば、基質除去の速度は膜-液界面に存在する拡散層によって制限を受け、その厚さは流速が大きくなるほど小さくなり、最終的に一定値になると言われている。¹⁾²⁾ 拡散層厚さを δ とすると、基質除去フラックス N はつぎのように表わされる。

$$N = D(C_b - C_s) / \delta \quad (5)$$

C_b , C_s は液本体と膜表面における濃度、 D は拡散係数。 $C_b \gg C_s$ とすると $N = D C_b / \delta$ となり、基質除去は1次反応で表わされる。さらにここにおいては同一の生物膜と基質を扱っているので、 $k \sim 1/\delta$ (6) と表示しうる。 δ を流れに依存する部分 δ' とそれ以外の δ'' との和とし、 δ' は粘性底層厚さに比例するとして $\delta' = \nu a / u_x$ (a : 定数) とすると次式ようになる。

$$1/k \sim \nu a / u_x + \delta'' \quad (7)$$

$1/k$ と $1/u_x$ の関係を見たものが図-7である。両者の間にはほぼ直線関係がみられる。しかし本図では δ'' が負となっており現実的ではなく、今後の検討が必要である。

5. あとがき 管路流における付着生物膜の形成と流れの関係について実験的に考察を行った。基本的な傾向をつかむことができたので、より実際のモデル実験で検討をしたい。

参考文献 1) E. J. LaMotta: Biotech. & Bioeng., 18, 1976.

2) K. Williamson & P. L. McCarty: J. W.P.C.F., 18-1, 1976.

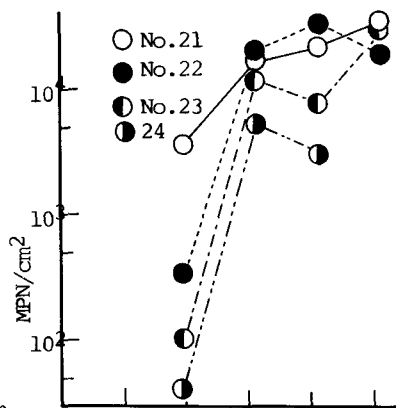


図-4 亜硝酸酸化菌の変化

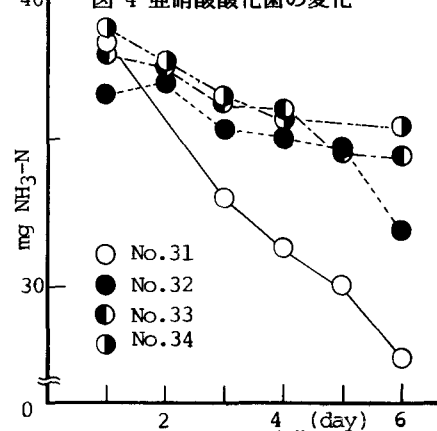


図-5 NH₃-Nの変化

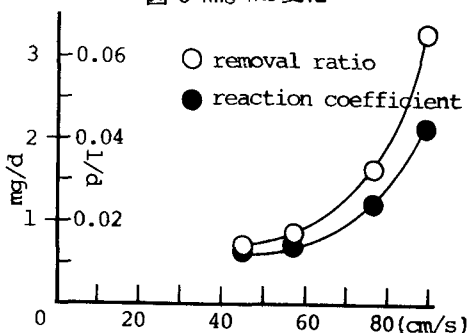


図-6 R , k と流速との関係

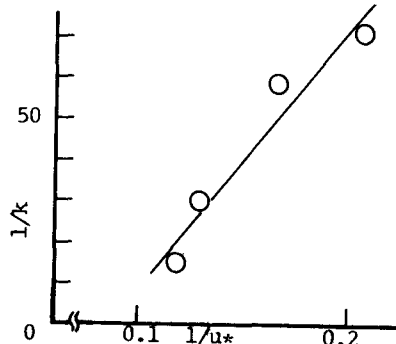


図-7 $1/u_x$ と $1/k$ との関係