

配水管内における付着・浮遊細菌の増殖・剥離と水中のAOCおよびリンとの関係

大阪工業大学大学院 学生会員 ○前田 和孝

大阪工業大学工学部 正会員 笠原 伸介 石川 宗孝

1.はじめに

配水管内における微生物の再増殖と供給水質との関係を明らかにすることは、飲料水の微生物学的リスクを削減するうえで重要である。既往の研究¹⁾では、供試水中のリン濃度が高いと配水管壁面上に付着する細菌（以下、付着細菌）数が増加することを報告した。本研究では、配水管内における付着・浮遊細菌の増殖・剥離現象と供給水質との関係について検討するため、異なる水質の供試水を異なる滞留時間でアナユラーリアクターに通水し、細菌数と水質の変化について測定するとともに付着細菌の比剥離速度の算定を試みた。

2. 実験方法

図1に、実験装置の概要を示す。供試水としてチオ硫酸ナトリウム ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) により脱塩素処理された本学水道水を連続的に通水し、一方の供試水にはリン酸二水素カリウム (KH_2PO_4) を $50 \mu\text{g P/L}$ となるよう添加した。HRT を 4.0 hr（一般的な滞留時間）、0.1 hr (Wash out する滞留時間) に設定し、運転中の供試水および槽内水の水質（AOC については、通水開始 100 日後 <AOC> と 155 日後 <AOC> に測定）と細菌数を測定するとともに、スライド表面に付着した細菌数を測定した。また、測定結果を浮遊細菌の収支式²⁾に代入し、リン添加および無添加時における細菌の比剥離速度 d_a を算出した。

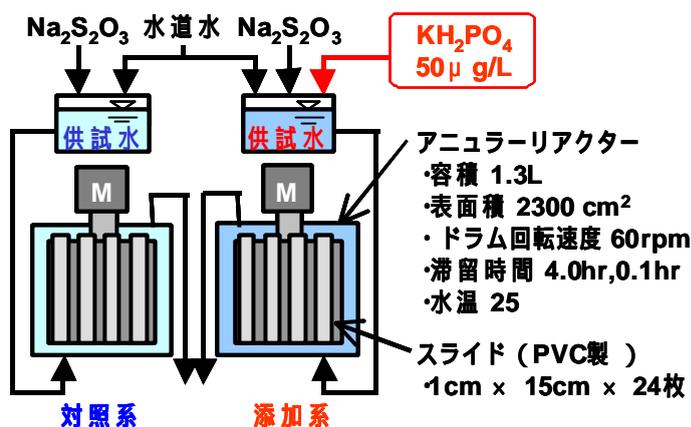


図1 実験装置の概要

浮遊細菌の収支式

$$V \frac{dX_1}{dt} = Q [X_0 - X_1] + m_p X_1 V + g_d X_b A$$

細菌数の差 浮遊細菌の増殖 (0) の剥離

3. 付着・浮遊細菌の増殖と水質の関係

表1に、供試水の平均水質を示す。供試水の見かけAOC濃度は、リンの添加にかかわらず、いずれも約 $70 \mu\text{g ac-C eq/L}$ とほぼ等しく、共存するリン濃度による見かけAOC濃度への影響は確認されなかった。また、ろ過滅菌した供試水に脱塩素処理供試水を添加し、回分培養試験を行ったところ、図2に示すように回分培養時における浮遊細菌の最大増殖量は、リン濃度にかかわらずほぼ等しく、見かけAOC濃度と一致する結果が得られた。

表1 供試水の平均水質

項目	対照系	添加系
DOC (mg/L)	0.8	1.0
AOC ($\mu\text{g/L}$)	70	68
T-N (mg/L)	1.4	1.4
T-P ($\mu\text{g/L}$)	2	47
$\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ ($\mu\text{g/L}$)	1	42

図3に、付着細菌数の経日変化を示す。HRT 4.0 hr に注目すると、定常状態における付着細菌数の平均値は、対照系、添加系においてそれぞれ 2.7×10^6 、 $1.1 \times 10^7 \text{ CFU/cm}^2$ となり、添加系の方が約4倍高く検出された。また、HRT 0.1 hr に注目すると、定常状態における付着細菌数の平均値は対照系、添加系においてそれぞれ 2.5×10^7 、 $2.4 \times 10^8 \text{ CFU/cm}^2$ となり、添加系の方が約10倍高く検出された。見かけAOC濃度と回分培養時における浮遊細菌の最大増殖量については、リン濃

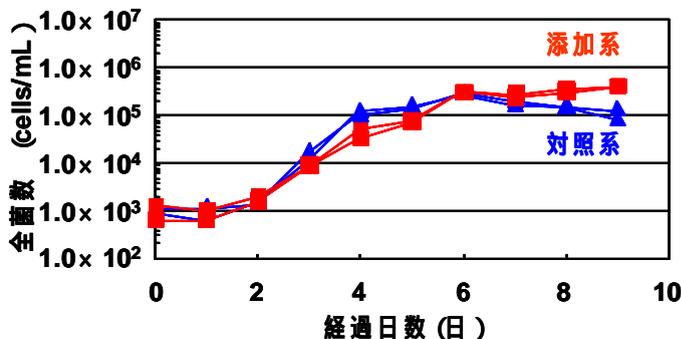


図2 供試水を用いた回分培養実験

キーワード：配水管、再増殖、生物膜、剥離、リン、AOC

連絡先：〒535-8585 大阪市旭区大宮 5-16-1 大阪工業大学 工学部 都市デザイン工学科 Tel&Fax. 06-6954-4165

度にかかわらずほぼ等しかったが、付着細菌数についてはリン濃度が高いほど多かったことから、リンは付着細菌の増殖を特異的に促進させることがわかった。また、見かけ AOC 濃度は、浮遊細菌の増殖ポテンシャルを表す指標としては有効であるが、付着細菌の増殖ポテンシャルを表す指標としては不十分であることも同時に示唆された。

4. 付着細菌の剥離と水質の関係

図 4 に、定常状態における浮遊細菌数の平均値を示す。対照系と添加系において付着細菌数の増加量については数倍異なっていたにもかかわらず、槽内における浮遊細菌数の増加量については各系においてほとんど違いは認められなかった。また、Wash out の条件 (HRT=0.1 hr) でも、浮遊細菌数は槽内で3 オーダー増加したことから、配水管内における浮遊細菌数の増加には、付着細菌の剥離が強く関与していることが示唆された。ここで、比剥離速度 d_d を算定したところ、対照系添加系においてそれぞれ0.26、0.06 hr⁻¹となり、リン濃度が高いと剥離し難い生物膜が形成されることがわかった。

5. 細菌の再増殖に伴う槽内水質の変化

図 5 に、PO₄³⁻-P の経日変化を示す。対照系では、定常状態における PO₄³⁻-P の減少は見られなかったが、添加系では HRT4.0、0.1 hr においてそれぞれ13、14 μg/L PO₄³⁻-P が減少した。このことから、リン濃度が高いと細菌の増殖に利用されるリンが増大することがわかった。

図 6 に、見かけ AOC 濃度の測定結果を示す。AOC では、いずれの条件においても槽内で約 20 μg/L 減少したが、AOC では、約 60 μg/L 増加した。このことから、配水管内において細菌の分解に伴い、AOC として検出される有機炭素が新たに生産される可能性が示唆された。

6. おわりに

付着細菌の増殖は、リンによって特異的に促進されることが明らかとなり、AOC は付着細菌の増殖ポテンシャルを表す指標としては不十分であることが示唆された。また、浮遊細菌数の増加には付着細菌の剥離が強く関与し、リン濃度が高いと剥離し難い生物膜が形成されることがわかった。さらに、条件次第では、槽内 (配水管内) において AOC 濃度が増加する可能性が示唆された。

〔参考文献〕

- 1) 前田和孝 他; 送・配水管内における微生物再増殖に関する基礎的研究, 土木学会第 57 回年次学術講演会講演概要集, pp.531-532, 2002
- 2) E.Van Der Wende 他; Biofilms and bacterial drinking water quality, Wat.Res., Vol.23, No.10, pp.1313-1322, 1989

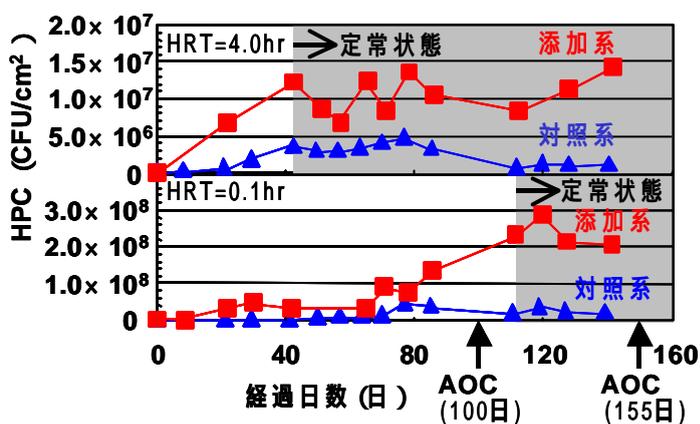


図 3 付着細菌数の経日変化 (HPC:従属栄養細菌)

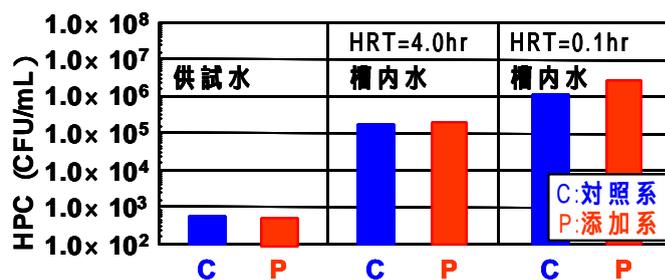


図 4 定常状態における浮遊細菌数の平均値

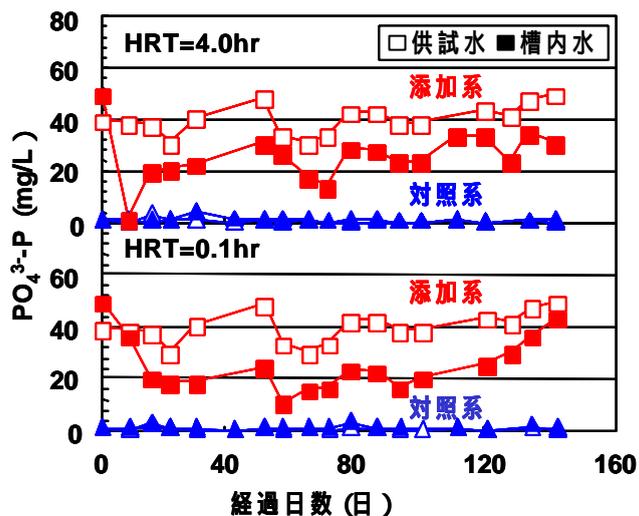


図 5 PO₄³⁻-P の経日変化

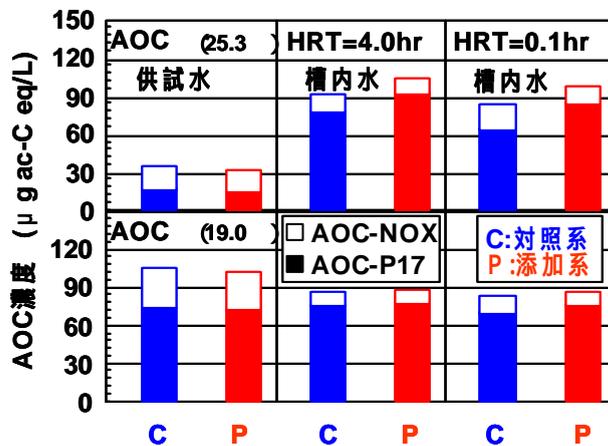


図 6 AOC の測定結果 (見かけ濃度)

< ()内は、供試水の水温を示す。>