

II-437 紫外線消毒の効率に及ぼす濁質の影響

東京大学大学院 神子 直之
東京大学工学部 大垣 眞一郎

1. はじめに

下水処理水の消毒には現在塩素が用いられているが、放流水の用途によっては塩素消毒が最善の消毒手法であるとは言い切れない場合もあるのではないかと考えられている¹⁾。そこで消毒の代替方法についての研究が今日行われており、中でも有望なものとしてオゾンや紫外線があげられているが、どちらも下水処理水の様な低質な水への適用については研究が不十分であり、その評価手法の開発が求められている。本研究はそのうちの紫外線照射法について、その消毒効率に及ぼす濁質の影響を実験的に定量し検討したものである。

2. 実験に用いた微生物

紫外線消毒の対象微生物としてはF特異RNAファージQ β を用いた。処理後の濃度を処理前の濃度で除した生存率によって消毒効果を定量した。

F特異RNAファージは遺伝子としてRNAだけを持ち、ウイルスの中でも最も小さい部類に属し、最も単純な構造であることがわかっている。そのため細菌あるいはT偶数ファージのような大型ウイルスに比べて、消毒による損傷への修復機構や培地組成等の培養条件の影響を考える必要が無く、消毒というプロセスをシンプルなものとして解析することが可能であると考えられている。

また、下水中のウイルスの挙動に関心が持たれている中で、実際に下水中に安定して高濃度で存在しているファージを用いて実験を行うことは、それを人体に対して無害なモデルウイルスと位置づけることにより有意義であると考えられる。

なお、Q β および宿主菌である大腸菌K12 F⁺A/ λ は東海大学医学部の古瀬浩介博士より分与されたものである。

3. 実験方法

濁質としては滅菌した活性汚泥とカオリンを用いた。それぞれの懸濁液を適量リン酸緩衝液に混合し、その混合液100mLに対しQ β 保存液(10¹⁰~10¹¹ PFU/mL)を0.1mL加えて試料を調整した。カオリンを含む試料の液相中の吸光度の調整は吸光度の大きい液体培地を適量混合することによって行った。なお、Q β 自体の体積が微小であるためその濁度は考えなくてよい。

活性汚泥の調整は、都内の下水処理場の曝気槽の固液混合液を遠心分離(8000rpm×20分)して沈澱物をリン酸緩衝液に再懸濁させる作業を2回繰り返し、オートクレーブ滅菌をして全体が均一になるようによく攪拌をしておこなった。

カオリンの調整は、標準カオリンをリン酸緩衝液に懸濁させておこなった。

紫外線の光源としては15W低圧水銀ランプを用いた。

微生物試料は、水平に固定した光源の中央直下22.5cmのところに置かれた内径5.58cm、深さ1.85cmのシャーレの中に石英ガラスを蓋として密封され、スターラーで攪拌されながら紫外線照射を受けた。石英ガラスは、複雑な水面形による試料表面の紫外線の反射の影響をなくすために用いた。化学線量計による試料表面の紫外線線量率の測定値は500 μ W/cm²であった。完全混合を仮定するために、照射時間は十分長く30秒から90秒とした。

各試料について、懸濁液そのままの254nm吸光度(懸濁液吸光度)、および0.45 μ mのフィルターで濾過した後の254nm吸光度(濾液吸光度)をそれぞれ測定した。

Q β の定量は宿主菌として大腸菌K12 F⁺A/ λ を用い、二層寒天法で行った。試料に含まれる懸濁物はQ β のカウントに全く影響を与えなかった。

4. 実験結果と考察

濃度の異なる活性汚泥懸濁液の紫外線照射を行った。生存率の時間変化を図1に示す。これによると、

生存数の変化は濁質の無い系^{2) 3)}と同様直線的であることがわかる。しかし、活性汚泥濃度が増大すると微生物の生存率の減少は遅くなっている。これは、試料の懸濁液吸光度の増大、また、汚泥をオートクレーブ滅菌したことによる吸光物質の溶出のための濾液吸光度の増大に起因するものと考えられる。

次に比較のために、試料の懸濁液吸光度及び濾液吸光度の値が同じで、濁質が活性汚泥でなくカオリンである試料を調整した。なお、同じ懸濁液吸光度にするためには活性汚泥のほぼ2倍の重量のカオリンを投入しなければならなかった。生存率の時間変化を、それぞれ同じ吸光度を持つ活性汚泥を含む試料の結果に重ねたものを図2に示す。生存率の変化は同様に直線的であるが、濁質の種類によって $Q\beta$ の死滅速度が異なっていることがわかる。すなわち、カオリン懸濁液中の死滅の方が活性汚泥懸濁液中のそれよりも早いのである。このことは、両懸濁液中において $Q\beta$ が90秒程度では安定していることから、照射試料内の紫外線線量率分布が濁質によって変化していると考えるのが最も自然であると思われる。そこで、吸光物質のみを含む試料の消毒効果の予測に非常に有効であった照射試料内平均線量率の計算^{2) 3)}を、懸濁液吸光度（図2中の実線）、濾液吸光度（同破線）によって行った。カオリン懸濁液中の消毒効率が濾液吸光度によって予測できるのは既報³⁾の通りであったが、活性汚泥懸濁液においては両吸光度において実験結果を説明しうる値は得られなかった。

5. おわりに

濁質の紫外線消毒の効率に対する影響は濁質の種類によって異なり、懸濁液吸光度、濾液吸光度によっては予測できない事がわかった。これは、濁質による紫外線の反射、散乱が大きく影響していると考えられる。試料の任意の波長の散乱光を測定する方法があり、それが濁質を含む試料の紫外線消毒効率を予測するのに役立つ可能性がある。

参考文献

- 1) 大垣；下水処理水の消毒、水質汚濁研究 11, 5 (1988)
- 2) 神子、大垣；環境科学シンポジウム 1987 p53
- 3) 神子、大垣；第22回水質汚濁学会講演集 p377 (1988)

なお、本研究の一部は、文部省科研費重点領域研究「人間環境系」N13-01（代表：佐藤敦久東北大学教授）の補助を受けた。

活性汚泥懸濁液

	活性汚泥濃度 [mg/L]	懸濁液吸光度 [cm ⁻¹]	濾液吸光度 [cm ⁻¹]
●	100	0.65	0.135
■	200	1.36	0.230

カオリン懸濁液

	カオリン濃度 [mg/L]	懸濁液吸光度 [cm ⁻¹]	濾液吸光度 [cm ⁻¹]
○	200	0.79	0.132
□	400	1.50	0.225

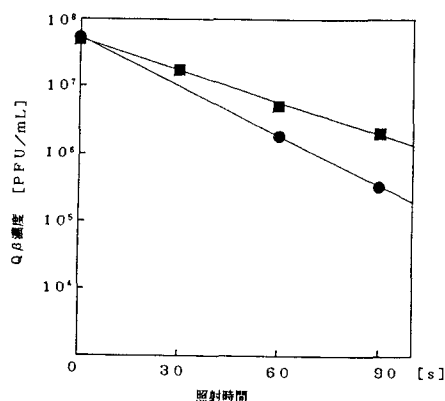


図1 活性汚泥懸濁液の紫外線照射

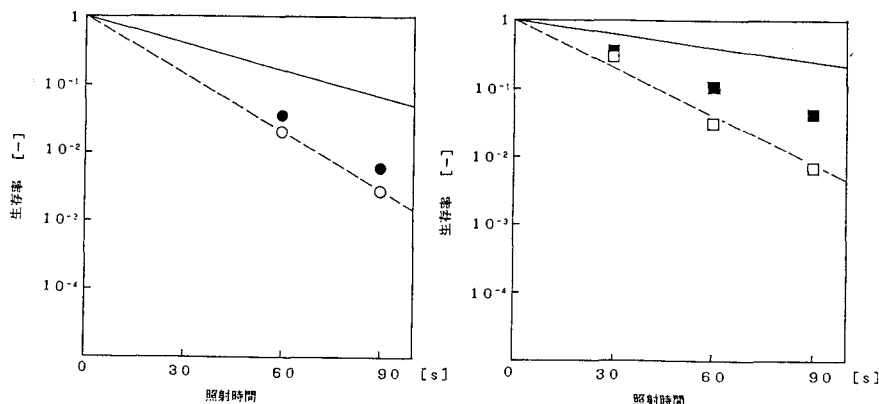


図2 活性汚泥懸濁液とカオリン懸濁液の紫外線照射