

下水処理における消毒評価手法としての大腸菌ファージ

Coliphage as Index Microorganism Monitoring Disinfection Efficiency of Wastewater Treatment

99:30102 磯野名朋子 大瀧雅寛

Nahoko ISONO and Masahiro OTAKI

お茶の水女子大学 環境工学研究室

1. はじめに

下水処理水の再利用需要、利水需要の形態の変化などが水の安全性に関する要求を変化させている。来る高密度都市社会の水環境を設計、運営、維持管理していくためにウイルス、細菌汚染の新しい指標体系が特に必要となっている。¹⁾ 現在、公共下水道における放流水質基準の微生物に関する指標は「大腸菌群数 3000 個/mL 以下」の一項目のみで管理されている。しかし、これだけではウイルス汚染などに対し、現行の消毒制御手法が充分なのか、疑問視する声があがっている。また、下水処理水は塩素消毒が使用されているが、残留塩素の生態系への悪影響を考慮すると、他の消毒手段が有効かどうかの判断が必要となる。本研究ではウイルス汚染の指標となりうる大腸菌ファージを用い、その存在量を塩素消毒及び塩素消毒の代替消毒法である紫外線消毒に対する感受性の相違を調査することを目的とする。

2. 実験方法

2-1 水質調査

東京 23 区内にある下水処理場の消毒前二次処理水を対象試料として用いた。対象下水処理場は、有明、落合、小台、中川の 4 処理場である。各処理場の消毒前二次処理水（有明処理場については膜ろ過水）を採水し、大腸菌ファージである *E.coli*K12F⁺(A/λ) を宿主菌とするファージ、及び WG5 を宿主菌とするファージの存在濃度を、この試料について二層寒天法(10mL 法)²⁾により測定した。

2-2 紫外線(UV)照射、塩素接触による不活化実験

市販の低圧 UV ランプ(20W 東芝製)を用い、スターラーで攪拌しながら、一定量の試料に紫外線を照射した。また、塩素消毒では 0.1~0.24% 次亜塩素酸ナトリウム溶液を一定量の試料に注入し、スターラーで攪拌しながら一定時間接触させた。各ファージの不活化率を、これらの試料について二層寒天法(10mL 法)²⁾により測定した。

2-3 実消毒効率測定実験

対象 4 処理場の放流水を採取した。*E.coli*K12F⁺(A/λ)ファージ、WG5 ファージの存在濃度を、この試料について二層寒

天法(10mL 法)²⁾により測定し、二次処理水に対する実不活化率を測定した。

2-4 テーリング現象解析実験

紫外線照射による不活化実験において、ある一定量以上の紫外線を照射すると不活化率が少なくなる傾向が見られた。(テーリング現象) このテーリング現象は懸濁物もしくは、耐性ファージの存在によって引き起こされるものと仮定し、それを検証した。

① 懸濁物の影響

紫外線照射における懸濁物の影響を知るために、1) 試料をろ過せずそのまま紫外線照射したもの、2) 予め試料をろ過し、紫外線照射したもの、3) 紫外線照射の後ろ過したもの の 3 種類の試料を用意した。これらの試料について *E.coli*K12F⁺(A/λ)ファージ、WG5 ファージの不活化率を、二層寒天法(1mL 法)²⁾により測定した。これらの不活化率の相違から、テーリング現象が試料中の懸濁物質に起因するかどうかを知ることができる。

② 耐性ファージの影響

上記の①の実験において、紫外線照射 12mWs/cm² 以降にも残存するファージを単離培養した。これに紫外線照射を施し、その不活化率を調べた。これにより、テーリング現象が耐性ファージの存在に起因するかどうかを知ることが出来る。

3. 実験結果

3-1 各処理場下水流入量とファージ存在濃度の相関

処理場ごとの流入量と *E.coli*K12 ファージ、WG5 ファージの存在量との相関関係を Fig.1 に示す。ファージ存在濃度と流入量との相関は処理場ごとに異なる。小台処理場では流入量にかかわらず、ファージ存在濃度が大幅に異なるが、他の処理場では流入量に変化しても、ファージ濃度に大きな差が生じないことがわかった。しかしながら、*E.coli*K12 ファージより WG5 ファージの方がその存在濃度に大きくばらつきのあることがわかる。

3-2 紫外線照射、塩素注入による不活化実験

紫外線照射、塩素注入による不活化実験で得られた不活化

速度定数を Table1. に示す。塩素消毒の方が紫外線照射消毒より消毒効率にばらつきが多く見られた。また、いずれの処理場においても *E.coli*K12 ファージは WG5 ファージより、両方の消毒において耐性が強いことがわかる。

3-3 実消毒効率測定

Table1. に、各処理場での実消毒における不活化速度定数を示す。実験室での塩素消毒より高い効率が得られている。これは残留塩素濃度が高いためと考えられるが、それによる放流先への影響が懸念される。

3-4 テーリング現象解析実験

① 懸濁物の影響

各試料を用いた紫外線照射実験の結果を Fig.2 に示す。それぞれの処理場、ファージについて照射前にろ過を行っても不活化率が高くなることはなかった。従って、テーリングが懸濁物に影響を受けている可能性は少ないことが示された。

② 耐性ファージの影響

耐性があると思われるファージに紫外線照射を行った実験により得られたファージ不活化速度定数を Table2. に示す。いずれのファージについても、単離培養を行ったファージの方が、単離元のファージ不活化速度定数より小さいことに示されるとおり、テーリングは耐性ファージの存在によるものではないかと考えられる。

4. まとめと考察

現在下水処理で行われている塩素消毒では、ウイルスに関して一定の消毒効率が常に得られるとは限らないことが示された。大腸菌群とファージウイルスの挙動は高い相関が見られないため、大腸菌群はウイルス指標として適当でないことが指摘されている。³⁾ 指標導入にあたっては、塩素消毒、紫外線消毒いずれにおいても WG5 ファージより *E.coli*K12 ファージの方が高い耐性を示したので、*E.coli*K12 ファージを指標ウイルスとして用いるのがよい。しかしながら、紫外線消毒においては耐性ファージ耐性の強さや存在比などを考慮せねばならない。

注) 以下の図、表において、大腸菌ファージ名はその宿主大腸菌名で代用する。また、Fig2 において、NK=Nakagawa、OD=Odai の略である。

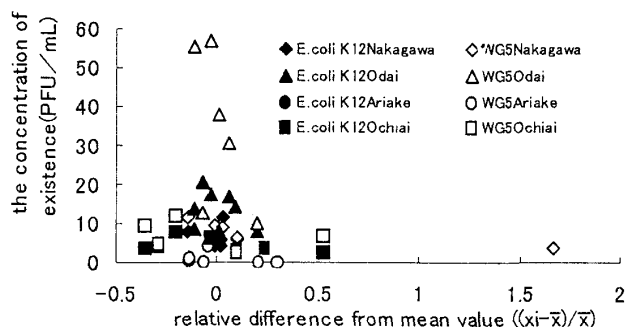


Fig.1 Correlation between flow rate and conc. of phages

Table.1 Inactivation rate constant of phages in each sewage plant

	UV irradiation (cm ² /mJ)		Chlorination (L/mg/min.)		Actual chlorination (l/mg/min.)	
	<i>E.coli</i> K12	WG5	<i>E.coli</i> K12	WG5	<i>E.coli</i> K12	WG5
	Average Standard deviation		Average Standard deviation			
Ariake	0.53 0.068		0.38 0.696		0.29 -	
Odai	0.16 0.031		0.09 0.099		0.18 0.60	
Ochiai	0.19 0.061		1.24 0.490		1.32 0.84	
Nakagawa	0.15 0.015		1.07 0.298		0.77 0.87	

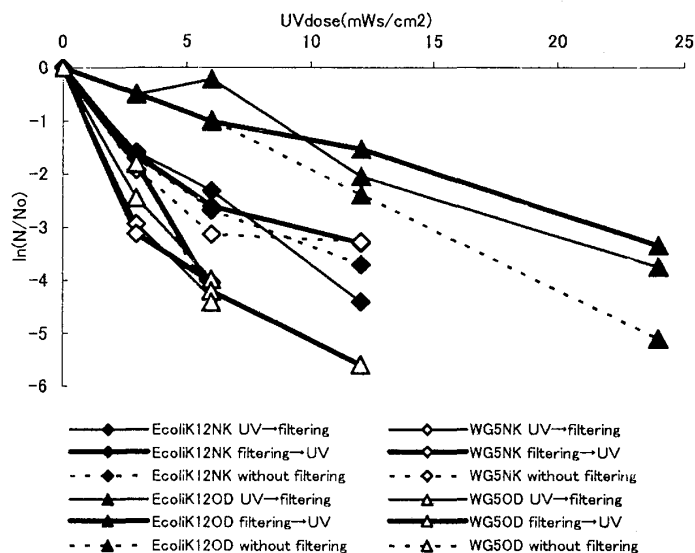


Fig.2 UV inactivation of phages with/without filtering

Table2. Inactivation rate constant(cm²/mJ) of original and isolated phages

	Original	Isolated
<i>E.coli</i> K12 Odai	0.158	0.128
WG5 Odai	0.544	0.143
WG5 Nakagawa	0.294	0.175

5. 参考文献

- 1) 佐藤敦久編著「水処理の新しい展開」 技報堂出版
- 2) 「上水試験方法」 日本水道協会 (1993)
- 3) 岡本真由子「下水処理における消毒の評価手法としての大腸菌ファージ」生活工学研究 第4巻1号(2002)