

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 Coliphage as Index Monitoring Disinfection Efficiency of Wastewater Treatment

9830108 岡本真由子 大瀧雅寛

Mayuko OKAMOTO and Masahiro OTAKI

お茶の水女子大学 環境工学研究室

1. はじめに

下水道からの放流水の基準値を決定し、管理体制を維持することは、病原微生物に感染する危険性を少なくし、生活環境を保全するために必要不可欠である。検査の対象となる微生物として病原微生物を直接測定することが最も理想的であるが、その場合の費用、労力等を考慮すると非現実的であるので、その存在を示唆するような指標性となる代替微生物を用いて管理を行うことになる。指標としての代替微生物には①病原体が存在するところには必ず存在すること ②病原体と同程度もしくはそれ以上の数が存在すること ③糞便汚染を明確に示すこと④水処理及び消毒過程において、病原体と同程度もしくはそれ以上の耐性を持つこと ⑤非病原性であり、簡便、迅速、廉価な方法であることが望ましい。という条件を満たしている必要がある。我が国では、下水放流基準における指標として大腸菌群を用いてきたが、糞便汚染だけでなく環境由来の病原微生物の存在や、細菌だけでなくウイルスや原虫による水系感染症も顕在化し、大腸菌群のみで代替指標とする現在の方法で充分かどうかについての検討が行われている。¹⁾

本研究では下水処理場から放流される大腸菌ファージの代替指標性の検討を行うことを目的とし、その存在量及びUV消毒耐性について調べた。

2. 実験方法

2-1 水質調査

試料には、東京都23区内にある下水処理場の消毒前2次処理水（落合、中川、有明、小台処理場²⁾）を用いた。これらの処理場の採水試料中の各微生物指標の存在濃度を調べた。細菌指標として大腸菌群を用いた。これはデスオキシコレート塩培地を用い、二重寒天法³⁾により測定した。ウイルス指標として大腸菌ファージを用いた。この場合宿主菌として、*E.coli* K12F⁺ (A/λ)とWG5を使用した。前者はF特異性RNAファージと体細胞ファージの両者が検出され、後者は体細胞ファージのみが検出される。一般にF特異性RNAファージはRNAウイルスであり、体細胞ファージはDNAウイルスであることが多い。試料は二層寒天法^{3) 4)} (1ml法、10ml法)によ

り測定した。

2-2 紫外線照射(UV)による消毒実験

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。Fig.1に装置の概略を示す。

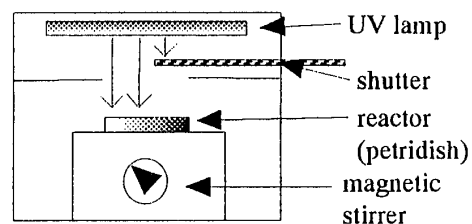


Fig.1 The schematic diagram of the experimental apparatus

2-3 ファージ単離培養

紫外線を一定量以上照射した後もブラックを形成した試料からそのシャーレ上のブラックを無菌的に採取し、大腸菌ファージ用液体培地に寒天ごと懸濁させ、よく攪拌し、大腸菌を用いて培養した後、0.45 μmのフィルターで大腸菌を除去して高濃度ファージ溶液を作った。濃度を測定し、適宜希釈して紫外線を照射した。⁵⁾

3. 実験結果及び考察

3-1 各処理場における初期濃度の比較

処理場毎の大腸菌群と*E.coli* K12ファージの初期濃度の相関をFig.2に*E.coli* K12ファージとWG5ファージの相関をFig.3示す。Fig.2より相関係数が0.475であることから、大腸菌群と*E.coli* K12ファージの相関は低く、また近似曲線の左上にも指標があることから、割合として大腸菌群が少なくても*E.coli* K12ファージが多い可能性があることを示唆している。またFig.3よりWG5ファージと*E.coli* K12ファージは非常に相関が高いことが分かった。

3-2 UV消毒実験における不活化速度の比較

各微生物指標の不活化速度定数の平均値をTable.1に示し、一例として落合処理場の3回目の試料のUV不活化の比較をFig.4に示す。大腸菌群とWG5ファージの不活化速度はほぼ同じで*E.coli* K12ファージの不活化速度は大きく、UV耐性が高いことが分かった。これはどの処理場の試料で

も同じ傾向であった。また大腸菌群は不活化速度定数のばらつきが大きいことが分かった。

Table.1 Mean value and Standard deviation of inactivation rate constant of each microorganism in all treatment plant water

Microorganism	Mean value	Standard deviation
<i>E.coli</i> K12 phage	-0.089	0.034
total coliform	-0.527	0.230
WG5 phage	-0.501	0.090

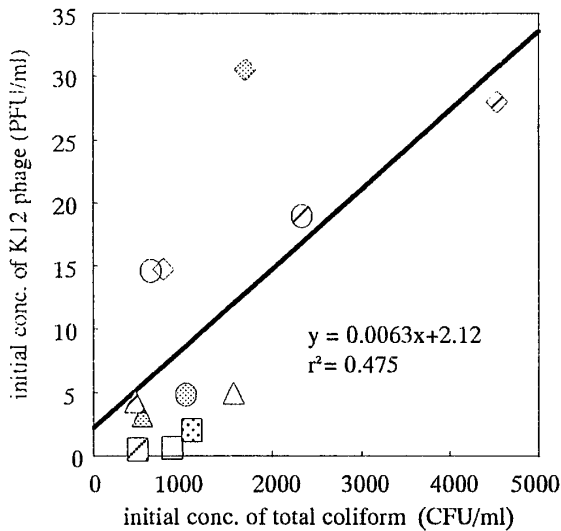


Fig.2 Correlation of initial conc. between total coliform and K12 phage

○:Ochiai, △:Nakagawa, □:Ariake, ◇:Odai treatment plants

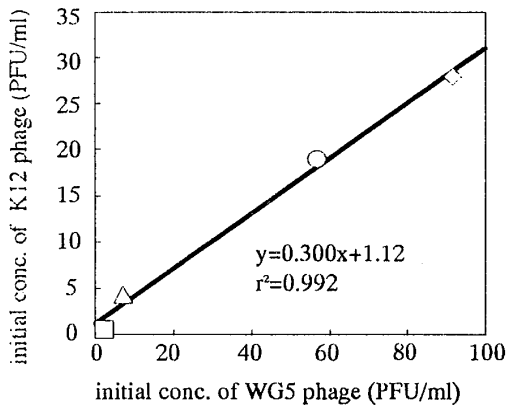


Fig.3 Correlation of initial concentration between WG5 phage and K12 phage

○:Ochiai, △:Nakagawa, □:Ariake, ◇:Odai treatment plants

3-3 ファージ単離培養

テーリングを起こしていたシャーレ上のブラック及びテーリングを起こしていなかったブラックから単離したファージは殆ど同じ不活化速度定数(平均値=-0.101、標準偏差=0.009)が得られた。またその値はテーリングを起こしていない*E.coli* K12ファージの不活化速度定数とほぼ同じであった。従って、UV耐性の高いファージの存在によってテーリングが起こることは証明

できなかった。考えられる理由としては単離したファージがたまたまUV耐性の低いファージであったため、もしくはファージが凝集や濁質に吸着したためなどがある。

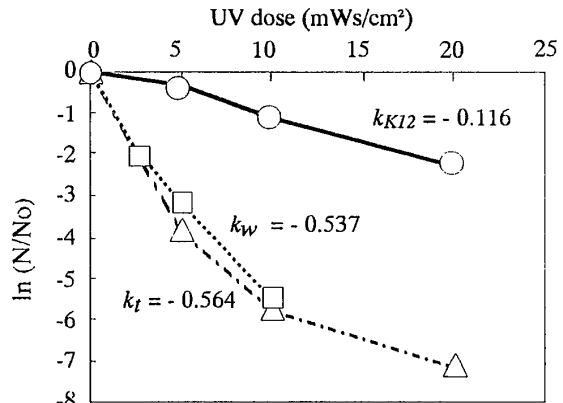


Fig.4 Inactivation of microorganisms in Ochiai treatment plant water by UV irradiation

○ : *E.coli* K12 phage, △ : total coliform, □ : WG5 phage, *k* : inactivation rate constant

4. まとめ

大腸菌群ほどの処理水においても、ある程度の存在量が確保され、これまで多くの場合病原細菌の検出と同時に検出されていることや、長年この代替指標によって管理・維持されて衛生状態が維持されているという点からも細菌指標として不可欠である。しかし今回の結果により大腸菌群の挙動とファージの挙動は高い相関がないため、ウイルス指標として充分かどうか疑問が残る。また*E.coli* K12ファージはUV耐性は高いものの初期濃度が少ないため存在量が安定しない。一方WG5ファージは初期濃度は多いがUV耐性は低い。

従って下水処理水中の微生物の存在量を調べるときには細菌指標に大腸菌群、ウイルス指標にWG5ファージ、紫外線消毒耐性を調べるときには細菌指標に大腸菌群、ウイルス指標に*E.coli* K12F⁺(A/λ)ファージを選択するのがよいのではないかと提案される。

【参考文献】

- 1) 金子光美他「水質衛生学」技報堂出版, 1997
- 2) 東京都下水道局ホームページ
<http://www.gesui.metro.tokyo.jp/>
- 3) 「上水試験方法」日本水道協会, 1993
- 4) 「WATER QUALITY-DETECTION AND ENUMERATION OF BACTERIOPHAGES」ISO/FDIS 10705-2 Amended version February 1999
- 5) 神子直之、大垣眞一郎「環境微生物学研究法」技報堂出版、土木学会衛生工学委員会編、1993