

下水処理における大腸菌群および F 特異大腸菌ファージの挙動の調査

東京大学大学院工学系研究科 正会員 片山 浩之
日本工営(株) 環境部 久山 哲雄
岐阜県生物産業技術研究所 川本 尋義
東京大学大学院工学系研究科 フェロー会員 大垣眞一郎

1. 目的

腸管系ウイルスの感染サイクルの一つとして、ヒトの糞便から越流水や下水処理排水として自然環境中に排出され、海水浴やカキなどの摂取により再びヒトに感染するという経路が挙げられる。そのため、ウイルスの感染リスクを制御するためには下水処理工程におけるウイルスの制御は極めて重要であるが、その知見は十分とはいえない。本研究では、全国 6 箇所の下水処理場の流入水および塩素消毒前の下水処理水、および下水処理水の流入地点の上流および下流の河川水を調査対象として大腸菌群、F 特異大腸菌ファージ (FRNA ファージ) の存在状況を調査し、それら指標微生物の地域特性および季節変動、および処理効率に関する知見を得ることを目的とする。

2. 実験方法

試料水: 北海道、秋田、静岡、岐阜、那覇および宜野湾の下水処理場の流入水、塩素未添加の処理水を用いた。また、淀川の下水処理水が流入する地点の上流および下流の河川水を試料として用いた。北海道、岐阜は雨水を含む合流式下水道であり、秋田、静岡、那覇および宜野湾は雨水を含まない分流式下水道である。

大腸菌群数: デソキシコレート培地(栄研社製)を用いて混釈法で測定した。供試液量は、10ml もしくは 1ml とした。

FRNA ファージ: 宿主菌として、*Salmonella typhimurium* WG49 を用いた。WG49 はサルモネラ菌 WG45 に大腸菌の F 繊維を組み込んだ細菌である。WG49 は、F 特異大腸菌ファージに感受性を持つが、体表面吸着大腸菌ファージには感受性を持たず、*Salmonella* ファージには感受性を持つという特徴を有している。環境水中に *Salmonella* ファージはほとんど存在しないので、この WG49 は環境水中から主に F 特異大腸菌ファージを検出することができる。また、実際には FDNA ファージもブラックを形成しうるが、環境中には FRNA ファージの方が多いので、ここではすべてのブラックを FRNA ファージとして表記している。なお、実験条件の詳細は ISO 10705-1 に従った。河川水は試料 100ml を、その他の試料は 1ml を単層寒天法でそれぞれ測定した。河川水は得られた溶菌斑数の合計を 100ml 中のファージ数とした。

3. 結果

河川水中の大腸菌群および FRNA ファージの濃度を Fig.1 に示した。上流と河川水で大きな差はなく、大腸菌群の方が FRNA ファージより高い濃度で検出されている。

下水処理場の流入水の大腸菌群および FRNA ファージ濃度、および下水処理工程におけるそれぞれの残存率を Fig.2 に示した。残存率は、処理水(塩素消毒前)の微生物濃度を流入水の濃度で割った値である。

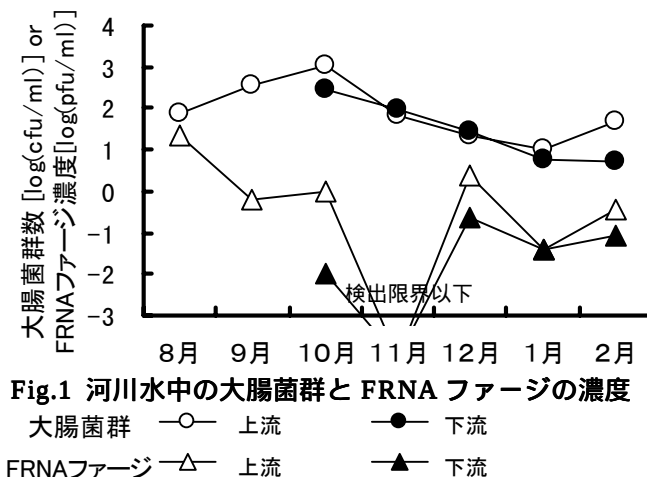


Fig.1 河川水中の大腸菌群と FRNA ファージの濃度

大腸菌群 ○— 上流 ●— 下流
FRNAファージ △— 上流 ▲— 下流

キーワード F 特異大腸菌ファージ、大腸菌群、下水処理、ウイルス指標

連絡先: 〒113 - 8656 東京都文京区 7 - 3 - 1

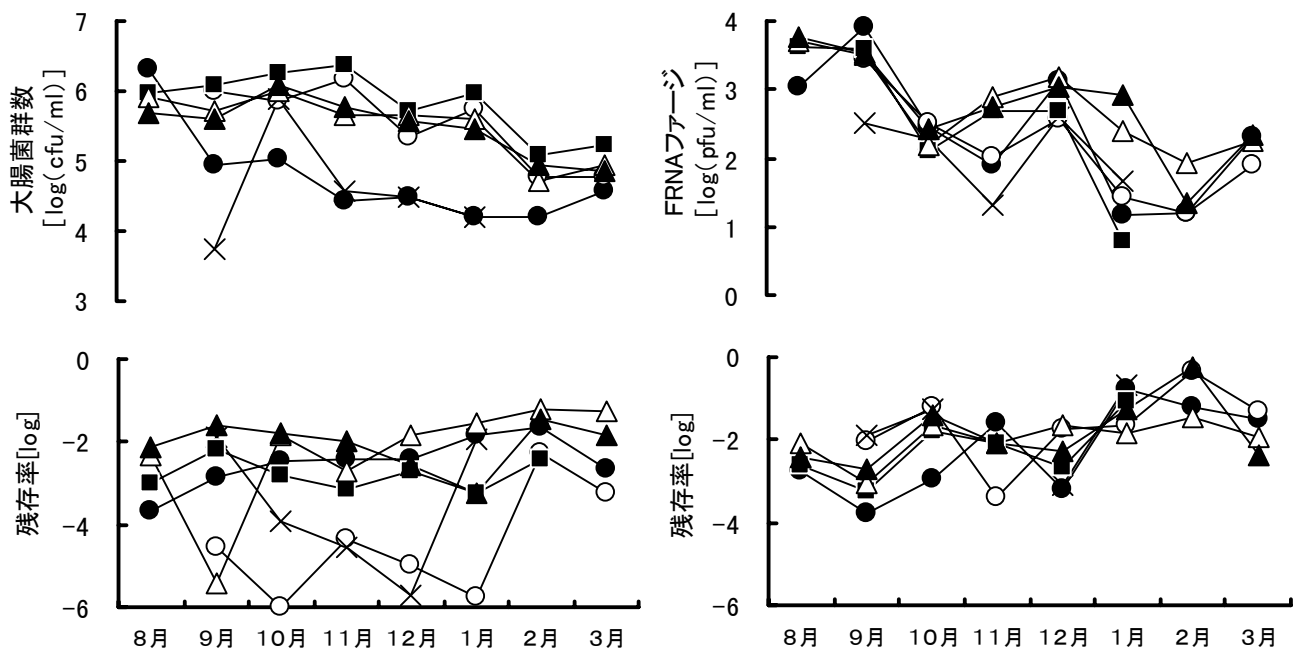


Fig.2 下水中の大腸菌群と FRNA ファージの濃度およびその挙動

—●—北海道 —○— 秋田 —×— 静岡 —■—岐阜 —△— 那覇 —▲— 宜野湾

流入水の大腸菌群数(Fig.2a)は、北海道および静岡の処理場において他の処理場に比べて小さい値を示すことが多かった。なお、流入水において北海道の試料と冬季の試料の大腸菌群数が低くなる傾向が見られ、気温が低いと大腸菌群数が小さくなる可能性が考えられる。処理水においては、塩素消毒前の段階でおおむね 3000cfu/ml 以下の値を示していたが、大きくばらついていた。塩素消毒前の下水処理水と流入水の大腸菌群数の比を大腸菌群の下水処理工程における残存率として Fig.2c に示した。ほとんどの下水処理場で大腸菌群数が 10^{-4} から 10^{-2} の低減を示している。Fig.2b に大腸菌ファージの流入水中の濃度を示した。大腸菌群より小さい値を示しているが、地域差はあまりない。また、夏から冬にかけて濃度が減少する傾向が見られた。塩素添加前の処理水では、おおむね 100pfu/ml 以下の値を示している。また、残存率が 10^{-2} よりも大きい場合もある(Fig.2d)ことから、下水処理工程での安定した除去は達成されない場合もあるといえる。

なお、流入水、塩素添加前処理水、および残存率における大腸菌群数および F 特異大腸菌ファージの相関を調べたが、常用対数の相関係数はすべて 0.1 以下であった。

4. 考察

FRNA ファージは大きさ、組成が腸管系ウイルスの小型球形ウイルス (SRSV) やエンテロウイルスに似ていることから、その下水処理工程における挙動は腸管系ウイルスの挙動に比較的近いと考えられる。流入水の FRNA ファージ濃度は冬季に低く、塩素添加前の処理水では大きくばらつくものの季節変動は認められなかった。結果として、冬季に下水処理工程における微生物数低減効果が小さくなっている可能性が示唆された。また、大腸菌群数に比べて FRNA ファージは下水処理工程において除去されにくいことから、腸管系ウイルスも大腸菌群より下水処理工程で除去されにくい可能性がある。

冬季には下水の流入水中の FRNA ファージ濃度が低くなっているが、冬季に感染が流行する SRSV とは相関がないといえる。このことから、FRNA ファージは病原ウイルスの存在量の指標として有効でないと考えられる。

従来の中健康関連微生物の指標である大腸菌群数と F 特異大腸菌ファージの間には、ほとんど相関は得られなかった。今後は腸管系ウイルスと F 特異大腸菌ファージの下水処理工程における挙動の相関について調べ、FRNA ファージの指標性についてさらに検討する必要がある。

本研究は厚生省厚生科学特別研究事業 (川本斑) により支援された。