

## 凝集剤によるウイルス不活化への共存イオンの影響

岐阜大学工学部 中務 誠  
 同上 正会員 松下 拓  
 同上 正会員 松井 佳彦

1. はじめに

我が国の浄水処理では、塩素を用いた消毒が義務付けられている。ところが、ウイルスは細菌類に比べ、消毒に対する抵抗性が強く、除去されにくいいため、水道水にウイルスが存在する可能性が指摘されている。ウイルスは種類によって、植物や動物、人間などに感染する。またウイルス病を根本的に治療できる抗ウイルス剤は開発されていないため、水処理過程におけるウイルス除去、不活化方法を考え、安全な水を供給する必要がある。

現在、ウイルスの除去や不活化に関する数多くの報告がなされており、我々の研究グループの昨年までの実験により、凝集剤によってウイルスが不活化することが示されている。また、河川水中では、Milli-Q水中より、不活化が起こりにくいことも示されている。そこで本研究では、その差異は試料水中のイオン濃度によるものではないかと考え、凝集剤によるウイルス不活化への共存イオンの影響を調べることを目的とする。

2. ファージと凝集剤

ウイルスとして、大腸菌ファージQ $\beta$  (以下Q $\beta$ と記す)を用いた。Q $\beta$ は1本鎖RNAをもつウイルスで、エンベロープを持たず、直径が約23nmである。測定は、宿主菌として*Escherichia coli* F<sup>+</sup>を用いたブラック形成法で行った。凝集剤には、一般に浄水場で用いられているPAC (ポリ塩化アルミニウム)を用いた。

3. 試料水

本研究では凝集剤によるウイルス不活化への共存イオンの影響を調べるために、NaHCO<sub>3</sub>を 0mM、3mM、7mMになるように添加したMilli-Q水と、CaCl<sub>2</sub>を 0mM、0.5mM、1.0mMになるように添加したMilli-Q水を用いて実験を行った。

4. 実験方法4-1 アルミニウムフロック溶解時間の選定

Milli-Q水に、10<sup>6</sup>PFU/mLになるようにウイルスを添加した。そこに10mgAl/LになるようにPACを添加してから、5分間急速攪拌 (110rpm, G値194 s<sup>-1</sup>) し、その後55分間緩速攪拌 (27rpm, G値23 s<sup>-1</sup>) した。フロック溶解時間を検討するために、pH9.5にしたビーフエキス溶液と1:1で混合した後、ボルテックス攪拌 (Direct mixer DM-301, アズワン) し、アルミニウムフロックを溶解した。その後サンプルを経時的にとり濃度を測定した。

4-2 アルミニウム系凝集剤による不活化実験

20℃の試料水500mLに10<sup>6</sup>PFU/mLになるようにウイルスを添加した。そこに10mgAl/LになるようにPACを添加し、60分間接触させた。接触後にサンプルを採取し、2通りの測定方法で濃度を測った。凝集効果を調べるために、採取したサンプルをそのままブラック形成法で測定した。また凝集剤によるウイルス不活化効果を調べるために、フロックを溶解して全ウイルスを測定する必要があった。そこでpH9.5にしたビーフエキス溶液と1:1で混合した後、ボルテックス攪拌しアルミニウムフロックを溶解した。その後同様の方法でウイルス濃度を測定した。

## 5. 結果と考察

### 5-1 フロック溶解時間についての検討

図1にフロック溶解に伴うQ $\beta$ 濃度の変化を示した。フロック溶解0時間の値は、凝集剤添加60分後に採取したサンプルをビーフェキスに接触させないで測定した値である。0時間でのQ $\beta$ 濃度は、 $9.4 \times 10^1$  (PFU/mL)であったが、フロック溶解をすることでQ $\beta$ 濃度は増加し、フロック溶解5時間で $1.3 \times 10^5$  (PFU/mL)と最大になった。しかし、初期濃度と同じ濃度にはならなかった。これは凝集剤によってウイルスが不活化したためだと考えられた。また5時間以上のフロック溶解では、Q $\beta$ 濃度は減少し、24時間のフロック溶解時間でQ $\beta$ 濃度は $2.2 \times 10^4$  (PFU/mL)となった。これは高pH との長時間の接触によりQ $\beta$ が不活化したのではないかと考えられた。よってフロック溶解時間を5時間と設定することが妥当であると考えられた。

### 5-2 不活化実験

図2にNaHCO<sub>3</sub>を用いた実験結果を示した。縦軸はlog除去率で表している。log除去率とは、 $\log (C_0/C)$  ( $C_0$ :初期濃度,  $C$ :不活化実験後の濃度)と定義した。不活化でNaHCO<sub>3</sub>の添加の有無を比べると、NaHCO<sub>3</sub>を添加したものはNaHCO<sub>3</sub>を添加していないものに比べ、log除去率が低下している。またその関係には濃度による依存性がみられた。このことからNaHCO<sub>3</sub>は凝集剤によるウイルス不活化を抑制することがわかった。凝集も同様の結果となり、NaHCO<sub>3</sub>は凝集作用を抑制することがわかった。

図3にCaCl<sub>2</sub>を用いた実験結果を示した。不活化でCaCl<sub>2</sub>の添加の有無を比べると、CaCl<sub>2</sub>を添加したものはCaCl<sub>2</sub>を添加していないものに比べ、log除去率が増加している。またその関係には濃度による依存性がみられた。このことからCaCl<sub>2</sub>は凝集剤によるウイルス不活化を促進することがわかった。凝集も同様の結果となり、CaCl<sub>2</sub>は凝集作用を促進することがわかった。

この二つの結果から、凝集剤によるウイルス不活化の増減の原因として、凝集作用の増減が大きく影響しているのではないかと推察された。

## 6. おわりに

- ①凝集剤によって不活化したウイルス量を測定するために、フロック溶解時間の検討を行った結果、最適フロック溶解時間は、5時間であることがわかった。
- ②NaHCO<sub>3</sub>は、凝集剤によるウイルス不活化を抑制することがわかった。
- ③CaCl<sub>2</sub>は、凝集剤によるウイルス不活化を促進することがわかった。

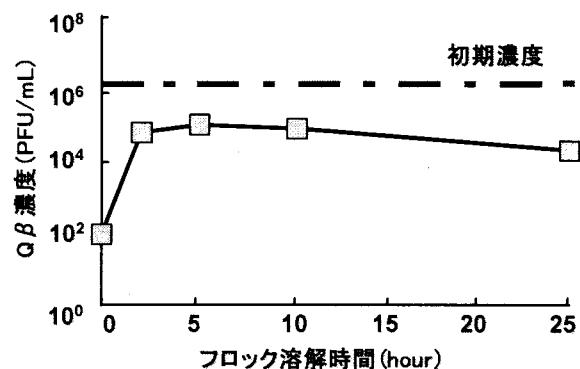


図1 フロック溶解に伴うQ $\beta$ 濃度の変化

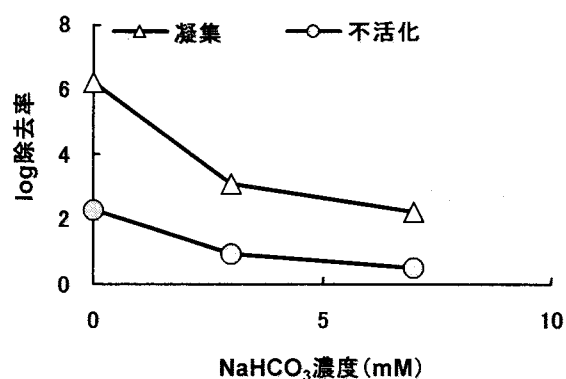


図2 凝集剤によるウイルス不活化へのNaHCO<sub>3</sub>の影響

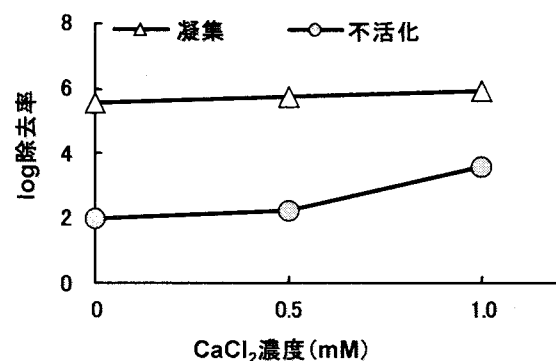


図3 凝集剤によるウイルス不活化へのCaCl<sub>2</sub>の影響