

金属塩凝集剤による大腸菌ファージの不活化についての検討

岐阜大学工学部

今井 義樹

同上 正会員 松下 拓

同上 正会員 井上 隆信

同上 正会員 松井 佳彦

1 はじめに

一般的な浄水処理プロセスにおける凝集処理により、上水・下水中に存在するウイルスはある程度除去されると報告されている。また、塩素に代表される消毒剤によるウイルスの不活化に関してはこれまでに多くの報告がある。しかし凝集処理による除去について、それが凝集によりフロックに取り込まれ除去されたのか、凝集剤により不活化されているのかは議論されていない。そこで本研究では金属塩凝集剤による、ウイルスの不活化に関する実験を行った。

2 実験概要

2-1 大腸菌ファージ

本研究では水系感染する腸管系ウイルスの指標として、大腸菌ファージ Qβ（以下 Qβと記す）を用いて、不活化実験を行った。試料中の Qβは、宿主菌として *Escherichia coli*K12F⁺(A/λ)を用いたブラック形成法で定量し PFU 単位で表示した。

2-2 金属塩凝集剤

本実験に用いた凝集剤は、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）と、その主成分である AlCl₃、同じアルミニウム系凝集剤である硫酸バンドの主成分である Al₂(SO₄)₃、の 3 種類である。PAC は高塩基度 PAC（住友化学工業製、比重 1.2、Al₂O₃ を重量比で 10～11% 含む）を用い、AlCl₃、Al₂(SO₄)₃ はそれぞれ試薬（Wako 製）を Milli-Q 水に 1000mg-Al/L となるように溶解させたものを使用した。

2-3 Qβ不活化実験

人工原水として 3L の三角フラスコに Milli-Q 水を 3L 入れ、Qβ培養原液を 300μL 添加してファージ濃度を約 10⁶PFU/mL にしたものを用いた。この人工原水の TOC は 0.1mg/L 以下となり、共存有機物の影響はほとんどないものと考えられた。この人工原水を 500mL 量りとり、500mL ビーカーに移し、凝集剤を 0.1、0.3、1.0、3.0mg-Al/L の 4 段階で添加した。なお、PAC を用いる際には、添加直前に Milli-Q 水にて 100 倍希釈したものを用いた。これらを回転数約 100rpm で攪拌しながら、ただちに 0.05N の NaOH 溶液にて pH7.0 に合わせた。

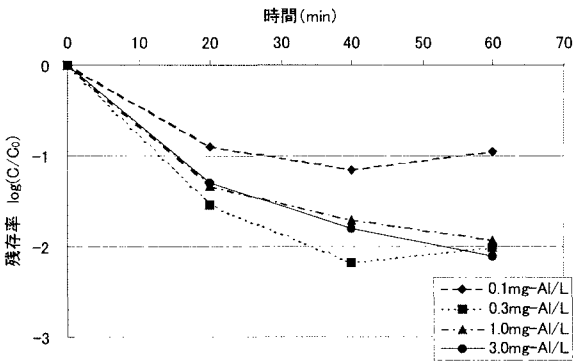


図1 Al₂(SO₄)₃を用いた不活化実験におけるQβ残存率の経時変化

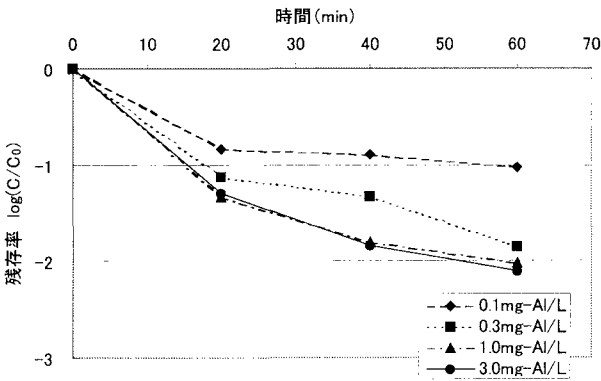


図2 AlCl₃を用いた不活化実験におけるQβ残存率の経時変化

表1 大腸菌ファージQβの20分経過時の残存率

	0.1mg-Al/L	0.3mg-Al/L	1.0mg-Al/L	3.0mg-Al/L
Al ₂ (SO ₄) ₃	-0.89log	-1.54log	-1.33log	1.29log
AlCl ₃	-0.84log	-1.12log	-1.33log	-1.30log
PAC	-3.0log以下	-5.0log以下	-6.0log以下	-6.0log以下

実験中常時 pH7.0 であるように調整しながら、凝集剤添加後 0 分、20 分後、40 分後、60 分後に 50mL ずつサンプリングを行い、ファージ濃度の測定を行った。測定は、フロック中に捕捉された Q β を含めて計数できるように、試料の pH を 9.5 にしてアルミニウムのフロックを溶解させた後に行った。なお、予備実験により、9.5 の高 pH と溶存性のアルミニウムは Q β の不活化に影響を与えないことがわかっている。また、全ての実験は 20℃ の恒温室内で行った。

3 結果と考察

Al₂(SO₄)₃を用いた不活化実験の結果を図 1 に示す。図のように、全ての添加濃度において、経時的に残存率が低下した。塩素等の消毒剤によるファージの不活化は一次反動的に進行すると報告されているが、Al₂(SO₄)₃による不活化は一次反応ではないと考えられた。60 分後には添加量の最も低い 0.1mg-Al/L で-0.95log となり、0.3、1.0、3.0mg-Al/L では、どれもほぼ-2.0log の残存率となった。

次に AlCl₃を用いた不活化実験の結果を図 2 に示す。

AlCl₃の場合も Al₂(SO₄)₃を用いた場合と同じように、全ての添加濃度において、経時的に残存率が低下した。また、AlCl₃でも同じように一次反応ではないと考えられた。添加 60 分後には添加量の最も低い 0.1mg-Al/L では-1.03log、0.3、1.0、3.0mg-Al/L では-1.8log、-2.02log、-2.11log となり、0.3、1.0、3.0mg-Al/L はどれもほぼ-2.0log の残存率となった。

PAC を用いた不活化実験の結果、20 分経過時にすでに 0.1mg-Al/L で-3.0log 以下、0.3mg-Al/L で-5.0log 以下、1.0mg-Al/L と 3.0mg-Al/L で-6.0log 以下となった。

表 1 に PAC、Al₂(SO₄)₃、AlCl₃を用いた添加 20 後の Q β 残存率をまとめた。同じアルミニウム系凝集剤である Al₂(SO₄)₃や AlCl₃よりも PAC を用いた場合には、大きな残存率の減少、つまり不活化が起こることがわかり、PAC では 0.1mg-Al/L ときわめて低濃度の場合でも 20 分の接触で-3.0log と高い不活化がみられた。

図 3 は Al₂(SO₄)₃と AlCl₃の 60 分経過時の Q β の残存率を、アルミニウム添加濃度に対してプロットしたものである。Al₂(SO₄)₃と AlCl₃は共に同じ傾向を示し、0.1mg-Al/L では-1.0log となるが、0.3mg-Al/L より大きい添加量では、大きな差はなく約-2.0log の残存率となった。

4 おわりに

本研究で行った実験でアルミニウム系の金属塩凝集剤によって、Q β が不活化されることを明らかとした。Al₂(SO₄)₃と AlCl₃については接触時間の経過に伴い不活化が進み、60 分後の Q β 残存率は、0.1mg-Al/L では約-1.0log、0.3、1.0、3.0mg-Al/L では約-2.0log となり、0.3mg-Al/L より大きい添加量では、ほぼ同じ残存率となることが明らかになった。さらに、PAC では全ての添加濃度において、Al₂(SO₄)₃と AlCl₃よりも大きな不活化力があることがわかった。

謝辞

大腸菌ファージ測定法をご教授いただいたお茶ノ水女子大学生生活科学部の大瀧雅寛先生に深謝する。また、大腸菌ファージ及び宿主大腸菌をご分与いただいた東京大学工学部の片山浩之先生に深謝する。

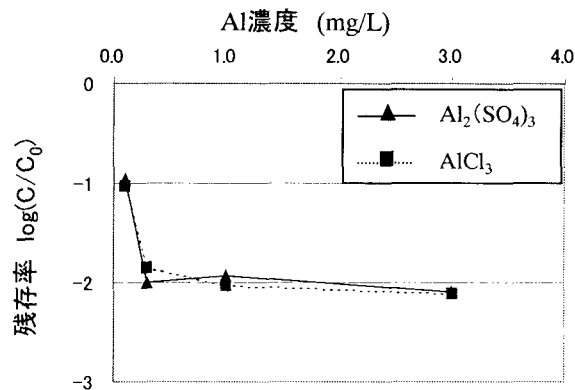


図3 大腸菌ファージQ β の60分経過時の残存率