

大腸菌ファージ不活化を指標とした上水消毒法の検討

徳島大学工業短期大学部 正員 伊藤 慎彦

京都大学工学部 正員 住友 恒

大阪ガス 正員 0田中雅人

1. はじめに

本文は、上水の消毒に関する問題のうち、塩素およびその代替消毒剤による微生物の不活化特性を検討したものである。消毒効果の指標として細菌だけでは不十分であるとの指摘があり、本文ではウイルス汚染の指標として大腸菌ファージをとりあげた。一般にウイルス実験は広く容易に行えるとはいえず、ウイルス汚染の適当な指標微生物の確立が望まれているが、その中で大腸菌ファージが有望視されている¹⁾。大腸菌ファージは、細菌ウイルスの一種で特に大腸菌を宿主とするウイルスをさすが、形態、構造、化学組成の面で水道で問題となる腸内ウイルスと良く似ているものがあり²⁾、その検出も容易である³⁾。

2. 実験方法

宿主菌は、終末処理場流入原水から単離し *Escherichia coli* と同定されたもの⁴⁾、大腸菌ファージは、腸内ウイルスと同じ種類に属すると推定できたものを用いた。不活化実験は、pH7, 67mMリン酸緩衝液中、また琵琶湖南湖水と同程度の KMnO_4 消費量(3.5mg/l)となるように湖水中有機物を共存させて行った(アンモニア性窒素不含)。この中に大腸菌ファージ液を添加し、次に各消毒剤(すべて水溶液)を所定の濃度になるように添加した。消毒剤は塩素、二酸化塩素、クロラミン、オゾンを取りあげた。所定時間経過後、 10^{-4}N チオ硫酸ナトリウムを添加して不活化を停止、大腸菌ファージを測定した³⁾。大腸菌ファージの測定手順を図1に示すが、このように、大腸菌ファージを含む試水を準備できた段階では、大腸菌ファージは通常の細菌学的試験程度の作業量で測定することができる。pHを変えた不活化実験は、所定のpHの67mMリン酸緩衝液を作製して行った。

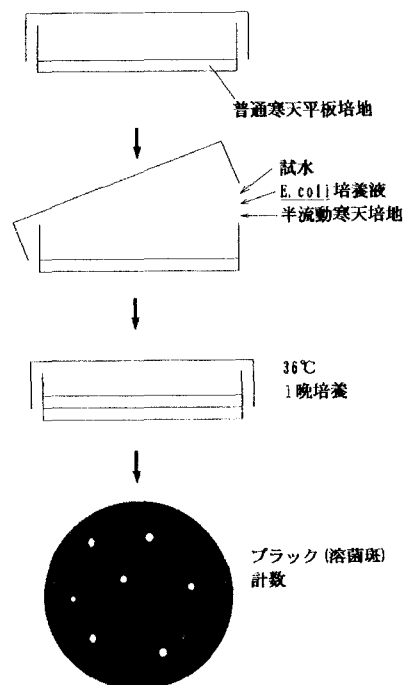


図1 大腸菌ファージの測定手順

3. 実験結果

各消毒剤による不活化実験結果を図2に示す。破線は、pH7 緩衝液中、接触時間1分における不活化量を示しており、各消毒剤の不活化力が比較できる。ただし消毒剤の単位は、 $\text{mg-Cl}_2/\text{l}$ または $\text{mg-O}_3/\text{l}$ で表示してある。二酸化塩素とオゾンはともに塩素より強い消毒剤であることがわかる。またクロラミンの不活化力は著しく小さく、充分な不活化効果を得るにはより多くの添加量またはより長い接触時間が必要であることがうかがえる。実線は琵琶湖水中有機物が共存する条件下での結果を示している。緩衝液中の不活化効果に比べて、オゾンでは不活化効果が大きく低下、二酸化塩素ではやや大きく低下、塩素では少し低下、クロラミンではほとんど低下しなかった。全体として、消毒力ひいては酸化力が強いものほど有機物ともよく反応し、その結果、大腸菌ファージの不活化効果が大きく低下する傾向にあるといえる。この結果、有機物共存下での大腸菌ファージ不活化効果は二酸化塩素が最も強く、ついで塩素、オゾン、クロラミンの順となった。次に、緩衝液のpHを変えて不活化実験を行った結果を図3に示す。縦軸は消毒剤単位濃度当たりの不活化量を表している。全体として、二酸化塩素以外の3種についてはpHが高くなるにつ

れて不活化力が低下しているのに対し、二酸化塩素の不活化力は中性付近で最も小さく、酸、アルカリ側で大きくなる点、アルカリ側に傾くほど二酸化塩素が最も強力となる点の特徴であった。次に各消毒剤の消費速度を定量化し、不活化効果が持続している時間を残留時間として計算したものを図4に示す。オゾンは10分以内に不活化効果がなくなることがわかる。また、塩素、二酸化塩素は添加濃度の増大とともに残留時間も増大するが、二酸化塩素は塩素よりも残留時間が短い。また、クロラミンもよく残留する。

4. 塩素と代替消毒剤の比較

オゾンは残留時間が著しく短く単独使用は困難である。ここでは二酸化塩素とクロラミンをとりあげて塩素と比較し、使用する場合の留意点について考察する。二酸化塩素について、利点:1) 実験した全pH範囲において塩素より不活化力が大きい。2) 有機物共存下においても塩素より不活化力が大きい。欠点:1) 有機物とよりよく反応する。

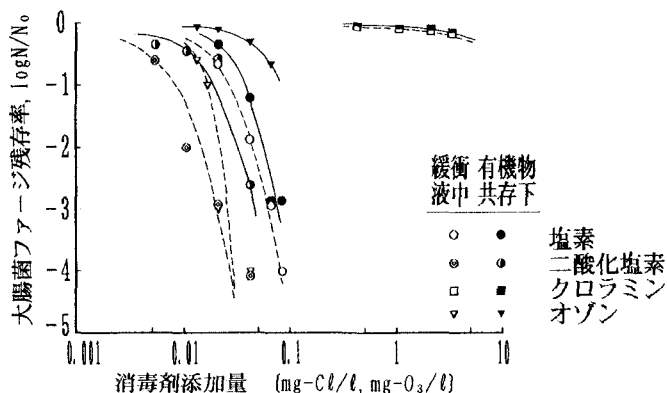


図2 各消毒剤による大腸菌ファージの不活化

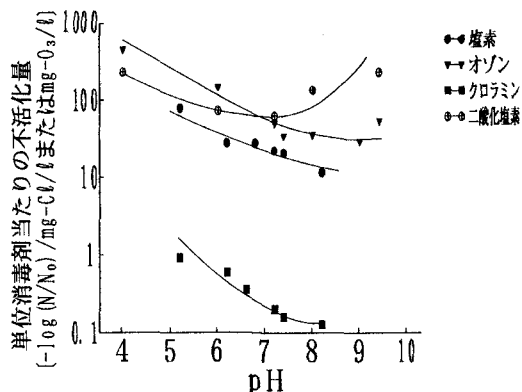


図3 大腸菌ファージ不活化に及ぼすpHの影響

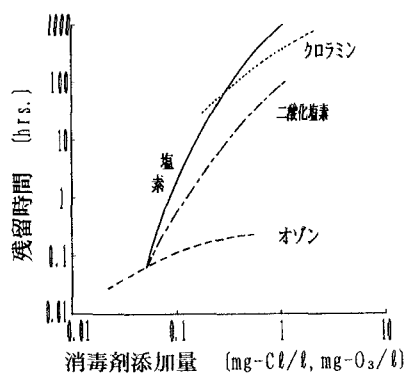


図4 消毒剤添加量と残留時間との関係

従って対象水の二酸化塩素要求量をよく把握して注入量をコントロールすることが必要。3) 残留性はあるものの、残留時間は塩素よりも短い。最も重要な点は、残留時間は塩素よりも短い、残留していれば大きな不活化効果が発揮される点である。従って二酸化塩素を使用した場合、二酸化塩素の残留濃度のモニタリングを確実に実行することが大切といえる。クロラミンについて、利点:1) 有機物との反応性が低いので消毒剤消費量が少なく、注入量のコントロールがしやすい。2) 残留時間は十分長い。欠点:1) 不活化力が小さいので短時間での不活化効果は期待できない。残留効果はあるが不活化効果が小さい点の特徴であり、まず消毒処理工程では接触時間を十分に確保することが必要になる。また再汚染などに対する瞬時の不活化効果は期待できない。従って微生物濃度のモニタリングがより重要になるものと考えられる。

参考文献 1) IAWPRC Study Group on Health Related Water Microbiology, Bacteriophages as Model Viruses in Water Quality Control, Water Res., Vol. 25, pp. 529-545, 1991 2) Heinz Fraenkel-Conrat 著、三浦義一郎他訳、ウイルス学、東京化学同人、1985 3) 厚生省監修、上水試験方法1985年版、日本水道協会、1985 4) 住友、伊藤他、下水中の大腸菌ファージの計測、京大環境衛生工学研究会第8回シンポジウム講演論文集, pp. 129-133, 1986