

氏 名	金 利 鎬
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 1983 号
学位授与の日付	平 成 12 年 9 月 25 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 環 境 工 学 専 攻
学位論文題目	Analysis of Inactivation Mechanism of <i>Cryptosporidium parvum</i> by Ozonation and Evaluation of Ozonation Performance (オゾン処理によるクリプトスポリジウムパルブムの不活化機構解析とオゾン処理効果の評価)
論文調査委員	(主 査) 教 授 宗 宮 功 教 授 住 友 恒 教 授 津 野 洋

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、水道原水の *Cryptosporidium* (クリプトスポリジウム) など原生動物汚染に対し塩素消毒が十分機能しないことから、これに代わる新たな消毒法の開発が求められているため、オゾン処理を代替法として適用した場合の消毒機序と処理特性ならびに効果を実験的に評価し、数理モデルを開発して操作因子の特性化を進めたもので、成果は以下の6章にまとめられている。

第1章は序論であり、本研究の対象とした原生動物のクリプトスポリジウム自体の特徴ならびに症状に関する既存資料や原生動物に対する消毒効果に関する既存資料に基づき、クリプトスポリジウムパルブムに係わる各種情報ならびにオゾン処理効果の整理と問題点を把握している。そして、研究目的としてオゾン消毒法の機能を評価し、操作因子・操作域をまとめている。

第2章では試験対象となる新鮮で採取時期の明確なクリプトスポリジウムパルブムを効率的に入手するために、感染 SCID マウスを飼育し、その排泄物から IMS を利用して効率的にオーシストを回収する手法を確立し、新鮮排泄物からのオーシストの回収率はおおよそ20%程度と従来法のおおよそ4倍となることを示した。また、同様に飼育したマウスの排泄物からのオーシストであっても、その形状、比重などに一定程度の幅があることを提示し、均質でないことを示した。

第3章では、従来クリプトスポリジウムオーシストの生育活性は脱囊法ないし DAPI/PI 法で定量されているが、両者は必ずしも同一の内容を表記するものでなく、生死判定をする指標としては十分ではないことを示し、オーシストの生育活性を簡易に定量的に把握する代替指標として ATP 試験法を開発し、定量手順を確定している。これにより精度よく、迅速にオーシストの生死判定が出来ることを示した。

オーシストの ATP 含有量測定の結果は生残率および低減傾向において DAPI/PI 値の結果とほぼ同じであるが、脱囊法の結果は先2者と異なる傾向を示し、生育活性を示す内容が異なることを指摘した。

第4章では、クリプトスポリジウムのオゾン処理による不活化効果を実験的に検討し、オゾン処理によるオーシストの不活化は逐次的にオーシストの外壁酸化、脱囊機能喪失、スポロゾイド破壊と内在物の溶出、有機物の酸化分解などと言った段階からなることを示した。経過時間毎のオゾン反応並びに自己分解によるオゾン濃度の低減があるため、従来塩素処理消毒に関して利用されてきた Chick の理論から誘導される CT-value 概念による評価は出来ず、新たにオゾン曝露積分値である IV 値を定義して導入し、温度 20°C では90%オーシスト不活化はこの値が $6.3 \text{ min} \cdot \text{mgO}_3/\text{l}$ で、99%処理は $12.6 \text{ min} \cdot \text{mgO}_3/\text{l}$ で達成できることを示した。また、温度変化に伴うクリプトスポリジウムとオゾンとの反応特性を実験的に検討し、温度係数 θ は1.14と大きく、5°C 以下では、ほとんど効果がなくなることを示した。

第5章では、オゾン処理によるクリプトスポリジウムの不活化過程に関する数理モデルを開発し、数値実験によりオゾン処理特性を明確にし、操作因子の操作域を検討している。オーシストのオゾン処理過程をオーシストの外壁酸化、脱囊機能喪失、スポロゾイド破壊と内在物の溶出、有機物の酸化分解などを考慮した5段階からなる数理モデルで表示し、オーシス

トの99%不活化を得るために必要な操作条件は $0.4\text{mgO}_3/\text{mgC}$ （オーシスト）以上であれば十分であることを示した。

第6章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、わが国でも問題となっているクリプトスポリジウムパルブムによる発症問題に対処できる消毒法として、塩素処理に代替するオゾン処理を取り上げ、そのクリプトスポリジウムオーシストの不活化機序と特性、オゾン適用レベルを実験的に検討し、処理指針を与えたもので、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 実験精度を高め、成果の均質化を図るため、感染 SCID マウスを飼育し、新鮮なクリプトスポリジウムパルブムのオーシストをその排泄物から IMS 法を導入して効率的に回収する方法を開発した。

2. クリプトスポリジウムの生育活性は従来脱囊法や DAPI/PI 法で定量されてきたが、生死判定指標としては十分でなく、新たに ATP 含有量測定による定量法を提示し、DAPI/PI 法とほぼ類似の値が簡便に、精度よく得られることを示した。

3. オゾン処理によるクリプトスポリジウムパルブムのオーシスト不活化実験を詳細に実施し、オゾン濃度、接触時間、オゾン注入量、水温などを操作条件としてデータを解析し、新たにオゾン酸化処理用指標として提示した IV 値（オゾン曝露時間積分値）が温度 20°C において $6.3\text{min}\cdot\text{mgO}_3/1$ で90%、 $12.6\text{min}\cdot\text{mgO}_3/1$ で99%の不活化が可能であることを示した。また、オゾン処理は水温 5°C 以下では効果的な処理が期待できないことを明らかとした。

4. クリプトスポリジウムオーシストのオゾン処理について、オーシストの外壁酸化、脱囊機能喪失、スポロゾイド破壊と内在物の溶出、有機物の酸化分解などを考慮した5段階からなる数理モデルを開発し、モデル解析の結果、TOC ベースで99%不活化を得るに必要なオゾン量は $0.4(\text{mgO}_3/\text{mgC})$ （オーシスト）以上であれば十分であることを示した。

以上要するに本論文は、オゾン処理によるクリプトスポリジウムパルブムの不活化を実験的に検討し、その不活化機構を解析し、オゾン処理条件による処理効果の評価ならびに操作条件の提示を行ったもので、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成12年8月2日、論文内容とそれに関連した試問を行った結果、合格と認めた。