



Title	クリプトスポリジウムの制御と管理を考える
Author(s)	眞柄, 泰基
Description	第5回衛生工学シンポジウム（平成9年11月6日（木）-7日（金） 北海道大学学術交流会館） . 特別講演
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 5, 305-308
Issue Date	1997-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7752
Type	departmental bulletin paper
File Information	5-S1_p305-308.pdf



特別講演 クリプトスポリジウムの制御と管理を考える

眞柄 泰基 (北海道大学大学院工学研究科)

1 はじめに

病原性大腸菌 o-157, クリプトスポリジウムによる消化器系感染症が発生するばかりでなく、結核等呼吸器系感染症も多発するなど新興・再興感染症は生活環境の安寧を揺らぐものとして大きな課題となっている。特に、クリプトスポリジウムについては、水道水による集団下痢症が埼玉県越生町で発生しており、水道水の安全性についての信頼感すら損なうものとなっている。

厚生省では、クリプトスポリジウムについて、国際交流の活発化などを背景に、汚染源があれば今後とも水道水が原因でクリプトスポリジウムに起因する集団感染症が発生する可能性があるとの考えに立ち 1996 年 10 月に「水道におけるクリプトスポリジウム暫定対策指針」を策定し、予防対策と応急対策を定め全国の水道事業体に然るべき措置を取るよう指導してきている。

水道水・飲料水の安全性を損なうクリプトスポリジウム等感染性生物の問題は、我が国のみならず欧米諸国でも同じであり、欧米諸国にあっても、厚生省の策定した対策指針と同様な対応を取っている。また、WHO も飲料水水質ガイドラインでクリプトスポリジウム等感染性生物についても勧告しようとしている。

水道の普及率が 96% に達し、水道以外の手段により生活用水を得られなくなった状況にあって、水道の社会基盤施設としての意義を達成するために、環境衛生工学としてクリプトスポリジウムの制御と管理をどのように扱わなければならないか考えてみたい。

2 クリプトスポリジウム等感染性原虫類

ヒトや哺乳動物の消化管内で増殖し、感染症を起こす主たる感染性原虫類はクリプトスポリジウム、ジアルジアやサイクロスポーラがある。

クリプトスポリジウムは孢子虫類のコクシジウム目に属する寄生性原虫で腸管に寄生する *Cryptosporidium parvum* (4.5~5.4x4.2~5.0 μ m) と胃に寄生する *C. muris* がある。宿主外、環境中ではオーシスト (嚢包体) で存在し、増殖しないが、オーシストがヒトのほか牛、羊やネコ等多種類の動物に経口的に摂取されると、オーシストは消化管内でスポロゾイドが遊離して粘膜上皮細胞の微繊毛に侵入して、無性生殖してメロゾイドを形成する。メロゾイドの一部は有性生殖して、オーシストになり、糞便とともに排出されて感染源となる。

クリプトスポリジウムに感染すると、4~10 日の潜伏期の後、腹痛を伴う水様性下痢が 3 日~1 週間継続し、健康な人の場合には免疫機構が働き自然治癒する。なお、下痢の症状が治まった後でも数週間にわたりオーシストを排出する。しかし、HIV 感染者等免疫不全な人の場合には自然治癒することなく、重篤な状態になる。現在、クリプトスポリジウム症の有効な治療薬はない。

クリプトスポリジウム症の発生例としては、ミルウオーキーで 1993 年 3 月~4 月に 160 万人が暴露し、40 万人が発症、400 人が死亡した例が最大である。その原因としては、ミシンガン湖に流入する河川水の汚染と浄水処理が不全であったとされている。

また、英国オックスホード郡では、1989年1月に516人が発症しているが、その原因としては水源域の牛、羊放牧場の表面流出水に汚染された水道原水であるとされている。国内では、神奈川県平塚市で1994年8月に雑居ビルの受水槽が汚水で汚染され、この受水槽の水を飲用した飲食店の利用者等763人が暴露し、461人が発症した報告例が最初である。1996年6月に、約13000人の人口の埼玉県越生町で8075人が発症するという大規模な集団感染症が発生した。水道原水と給水栓水からクリプトスポリジウムのオーシスト検出されたことから、水道原水である表流水と伏流水が汚染され、さらに、凝集操作等浄水処理が適切でなかったことが原因であるとされている。

ジアルジアは、鞭毛虫綱に属し、腸管系に寄生する原虫である。ジアルジアの嚢子（長径8-12 μm 、短径5-8 μm ）はクリプトスポリジウムと同様に環境変化に抵抗性を有するが、塩素耐性についてはクリプトスポリジウムに比べ低い。そのため、我が国では遊離塩素処理が行われていることから、ジアルジアは水道システム内で不活化されているものと考えられる。

ジアルジアの嚢子が経口的に摂取されると、小腸の上部付近に寄生・増殖し、嚢子が糞便とともに排出されて新たな感染源となる。ジアルジアに感染すると、下痢・腹痛を起こすことが多いが、健康な人の場合には不顕性感染で終わることが多い。なお、治療薬としてメトロニダゾール、チニダゾール等がある。ジアルジア症は世界的に広く分布しており、我が国においては第二次世界大戦後には国民の5-10%が感染していたが、その後水道の普及とともに減少し、現在では水道水を介した感染例の報告はない。

サイクロスポーラは近年発見された原虫で、孢子虫類に属し、オーシストは8-10 μm でクリプトスポリジウムより大型の原虫である。サイクロスポーラは小腸に感染し、長期にわたる激しい下痢を呈する。患者の糞便に排出されたオーシストが感染性を有するまでには環境中である期間の発育が必要であるため、人から人への接触感染は起こらなく、経口感染によって伝播する。サイクロスポーラ症の治療薬があり、死亡者は報告されていない。米国及びカナダでサイクロスポーラ症の集団発生が報告されている。

3 クリプトスポリジウムによる水道水源の汚染

1997年に全国の水道水源のうち94水域で、各水域で取水地点およびその上流部2地点の3地点から試料を採取し、クリプトスポリジウム、ジアルジア、細菌類および理化学性状について試験が行われた。

この全国調査の結果、表-1に示すようにクリプトスポリジウムは6水域（8地点）、ジアルジアは16水域（24地点）、両者を合わせると19水域（27地点）から検出された。この調査の結果からも、我が国の水道水源である河川などにもクリプトスポリジウムおよびジアルジアが存在することが明らかとなった。河川での陽性率は約4%であったが、米国の河川表流水の約80%の陽性率に比べると非常に大きな差が認められる。その原因として、我が国の水道水源の汚染の程度が低いというよりは、検査方法の差や試験機関の測定精度の差によるものと考えられる。

なお、ジアルジアについては標準活性汚泥法で処理している下水処理場9個所での調査結果によれば、流入水22試料、最初沈澱地流出水23試料から全て検出され、放流水23試料のうち18試料から検出されたという報告がある。このようなことや表流

表-1 クリプトスポリジウム等全国調査結果

	調査対象水域・地点	クリプトスポリジウム検出数	ジアルジア検出数
水域	94	6	16
地点	277	8	24

水を繰り返し利用している水資源の利用形態から、我が国の水道水源のクリプトスポリジウム等による汚染状況は上記の全国調査結果より厳しいものと考えられる。したがって、今後とも正確でより迅速な検査方法の開発・改良と合わせて、引き続き水道水源の汚染状況にかんする調査が行われるべきである。

クリプトスポリジウムの汚染のおそれを判断するために、水道水源となる表流水若しくは伏流水の取水施設の近傍上流又は浅井戸の周辺に、人間又は哺乳動物の糞便を処理する施設等の排出源がある場合には、人間又は哺乳動物の糞便による水道原水の汚染の有無を把握することとされている。また、糞便による汚染の指標として大腸菌、糞便性大腸菌群、糞便性連鎖球菌、芽胞形成菌が挙げられている。

上記の全国調査の結果でクリプトスポリジウム等が検出されたのは表流水、特に河川水からの検出頻度が高かった。これに比べて滞留時間が長い湖沼・貯水池や地下水からは検出されていない。河川では上流部に畜舎排水などの発生源が存在する所での検出頻度が高く、我が国にあっては人為活動による汚染が卓越しているといえることが明らかになった。

クリプトスポリジウム及びジアルジアは濁度、過マンガン酸カリウム消費量、糞便性連鎖球菌および嫌気性芽胞菌との相関がある程度見られた。これらのことから、クリプトスポリジウム等の検査を行う場合、取水地点の他に、濁度、過マンガン酸カリウム消費量、糞便性連鎖球菌および嫌気性芽胞菌が高いところ、また、家庭下水や動物排水由来の汚水の排出源付近を重点的に調査を行うことが必要であると考えられる。

4 浄水処理の対応

クリプトスポリジウムによって水道原水が汚染されるおそれのある浄水場では、クリプトスポリジウムを除去することができる浄水処理などを行うことが基本である。膜ろ過法は、膜ろ過浄水施設のガイドラインでMF,UF孔径0.2ミクロン以下を用いることとされていることや、高度MAC研究でMF,UFは7log以上の排除効果が期待できると報告されていることから、最も有効な浄水処理方法である。しかし、浄水処理施設の殆どは凝集沈澱急速砂ろ過処理が標準的な浄水システムであり、しかも、クリプトスポリジウムは80mg/lの塩素と90分間接触してもその不活化は90% (1log)であるように塩素に強い耐性を有している。このため、標準的な浄水システム内で少なくとも3-4logのクリプトスポリジウムの除去率を有するような維持管理を行わなければならない。

浄水システムが適切に維持管理されているかは、ろ過池出口の水の濁度を常時把握し、ろ過池出口の濁度を0.1度以下に維持されているかどうかによって判断すべきである。浄水システムの維持管理は、原水中のコロイド等懸濁物質を不安定化させるように凝集処理を適正に行うことと、沈澱水中に残存する懸濁物質がろ過水に漏洩する量を可能な限り少なくするようろ過池操作を適正に行うことである。この凝集処理と

ろ過池操作の適正は、クリプトスポリジウム対策というよりは、浄水処理の基本的な要件である。

凝集処理を適正に行うこととは、凝集剤注入量を適切に決定することである。クリプトスポリジウムが表面流出により水道水源に流入することもあるから、特に、降雨流出初期の原水濁度の上昇時の管理が適正に行わなければならない。

ろ過池操作を適正に行うためには、ろ過池 1 池毎の管理が重要になる。そのためには出来るだけろ過池毎に濁度を測定できるようにしななければならない。ろ過池の洗浄頻度はろ過水濁度・ろ過速度（損失水頭）を指標として決定されるべきであり、また、ろ過池内に抑留された濁質を洗浄排出するよう、ろ過池の洗浄操作も適切に行わなければならない。そのためには、逆流洗浄時の砂層の膨張率は夏期でも、冬季でも 20～30%になるよう洗浄水量を設定すべきであり、洗浄時間も洗浄排水の濁度を指標として決定されなければならない。また、洗浄後の砂層内に残留する濁質を排出するよう捨水をおこない、ろ過水の濁度が 0.1 度以下になってからろ過水を得るようにしなければならない。

5 おわりに

水道の歴史は、水系感染症との戦いである。汚染された水を供給すればコレラやチフス等の水系感染症が発生することから、清浄な水道原水を確保するか、水道原水中の汚染物質を除去するかの対策が取られてきた。特に、ヨーロッパでは地下水を利用している所では水系感染症が発生しないという長い経験から、地下水を水道水源とすべきであると考えられている。河川水等の表流水を利用する時でも、地下水にできるだけ近づけるような処理をするという考えに基づいている。それだけ、地下水に対する信頼が高く、生活に必要な地下水を保全するという考えが徹底している。また、地下水のみならず表流水にあってもヨーロッパ諸国では水道水源保全区域を設定し、区域内での土地利用や農業行為などを規制している。

我が国でも、長野県は平成 4 年に長野県水環境保全条例を制定し、市町村の要請に基づき水道水源地域を指定し、水道水源を保全する制度を全国に先駆けて制定している。また、国では長野県の水環境保全条例をも参考にして、平成 6 年に「水道原水水質保全事業の実施の促進に関する法律」と「特定水道利水障害の防止のための水道水源水域の促進に関する法律」を定めた。しかし、これらの制度は水道法に定める水質基準項目を前提にしており、クリプトスポリジウムのような感染性生物を意図しているのでもなく、水道水の安全性を総体として確保しようとするものでもない。

水道水の安全性については、慢性毒性物質については健康影響が生じない閾値を、発ガン性物質については 10^{-4} /生涯の発ガンリスクに相当する濃度を前提として定める水質基準値を前提に管理されている。感染性生物についても、それらが存在しない、衛生的に完璧な水道水を供給することは不可能である。そのため、米国 EPA 等欧米諸国では、感染性微生物による感染リスクを 10^{-4} /年として、その制御と管理を行うようにしている。この感染リスクを前提として浄水システムを制御と管理することを求めるようになってきている。リスクを制御と管理の指標とするときどのようなモニタリング体制を構築するかが課題になるものの、発ガン性物質のみならず、感染性生物についてもリスクを前提とした水道システム構築の方法論を確立しなければならない状況に達している。（参考文献等は紙面の都合で割愛した。）