

クリプトスポリジウムとジアルジアによる水環境及び水道水の汚染

保坂三継

東京都健康安全研究センター多摩支所

Contamination of Drinking Water and Water Environments
by *Cryptosporidium* and *Giardia*

Mitsugu HOSAKA

Tama Branch Institute, Tokyo Metropolitan Institute of Public Health

1. はじめに

近代水道の発達と塩素消毒による衛生的な飲料水の供給は、下水道の整備による汚水の排除や生活環境衛生の向上、医療保健体制の充実などとあいまって、水道水を介したコレラやチフスなど古典的な水系感染症の制圧に絶大な威力を発揮した。しかし水道水によって伝播し感染する病原微生物の問題がすべて克服されたわけではない。特に近年は、従来からの制御対象であった細菌に加えて、原虫による感染症が注目されている。

表1は、米国における1993年から2002年までの飲料水起因の疾病の発生状況をまとめたものである¹⁻⁵⁾。これによれば、この10年間に発生した水系感染症のうち、もっとも多くの患者を出した病原体はクリプトスポリジウムであり、また原因不明の急性胃腸炎を除いて、発生件数ではジアルジアがもっとも多かった。病原大腸菌やカンピロバクター、赤痢菌などによる細菌性感染症も根強く残っているが、近年ではクリプトスポリジウムとジアルジアによる水系感染症が細菌性及びウイルス性水系感染を大きく上回っている。

わが国でもクリプトスポリジウムとジアルジアは現実には水系感染を引き起こし、あるいは水道水から検出されて水道の給水停止事件を引き起こしており、全国的に水道水の汚染防止並びに感染防止対策が急がれている。こうしたことから、本稿では水環境及び水道水のクリプトスポリジウムとジアルジアの調査事例を基に、これらの原虫による汚染実態について概説する。

2. クリプトスポリジウムとジアルジアによる水系感染

水系感染によるクリプトスポリジウム症が注目されたのは1983年からにすぎない。水道水によるクリプトスポリジウムの集団感染はこれまで米国、英国及び日本から報告されていたが、近年では他の先進国からの報告もある。1983年以後、毎年のように水道水を原因とした集団感染を引き起こしている(表2)⁶⁻¹⁵⁾。わが国におけるクリプトスポリジウムの水系感染としては、1994年に神奈川県平塚市で461人が感染した事例が最初であったが、原因は受水槽への汚水混入であり、給水されている水道水自体には問題がなかった。しかし、1996年埼玉県越生町で起きた集団感染は、町営水道の水道水そのものがクリプトスポリジウムに汚染されていたこと、また町の人口の約7割、8,800人あまりが感染するという世界的にみてもきわめて大規模な流行であったことから、わが国の水道関係者に極めて大きな衝撃を与えた。

ジアルジアはランブル鞭毛虫の名で古くから知られている原虫である。飲料水起因のジアルジア症は、1965年に初めて認識されて以来、米国では非常に多数の発生事例がある。表3に、米国で1989～2000年までに報告された飲料水原因のジアルジア感染事例を示す^{1-4, 16, 17)}。これらの感染事例は、表流水(河川水や湖水)では処理の欠陥(不十分な消毒, 不十分なる過処理)が、また地下水や井戸水では無処理での給水が主な原因となって発生している。WHO¹⁸⁾によれば汚染飲料水によるジアルジア症の発生は、米国以外にカナダ、イングランド、スコットランド、スウェーデン及び旧ソ連から報告されており、最近で

〒190-0023 東京都立川市柴崎町3-16-25
3-16-25 Shibasaki-cho, Tachikawa, Tokyo, 190-0023, Japan.

表 1. 米国における飲料水起因の疾患の発生状況 (1993～2002年)

| | 1993-1994 | | 1995-1996 | | 1997-1998 | | 1999-2000 | | 2001-2002 | | 合計 | |
|---|-----------|---------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-----|-----------|-----|----|---------|
| | 件数 | 患者数 | 件数 | 患者数 | 件数 | 患者数 | 件数 | 患者数 | 件数 | 患者数 | 件数 | 患者数 |
| 原因不明 | | | | | | | | | | | | |
| 急性胃腸炎 | 5 | 495 | 8 | 684 | 5 | 163 | 17 | 416 | 7 | 117 | 42 | 1,875 |
| 細菌 | | | | | | | | | | | | |
| <i>Campylobacter jejuni</i> | 3 | 223 | | | | | 2 | 117 | 1 | 13 | 6 | 353 |
| <i>C. jejuni</i> / <i>Y. enterocolitica</i> | | | | | | | | | 1 | 12 | 1 | 12 |
| <i>Escherichia coli</i> 157:H7 | | | 1 | 33 | 3 | 164 | 4 | 60 | 1 | 2 | 9 | 259 |
| <i>E. coli</i> 157:H7/ <i>C. jejuni</i> | | | | | | | 1 | 781 | | | 1 | 781 |
| <i>Salmonella</i> Typhimurium | 1 | 625 | | | | | | | | | 1 | 625 |
| <i>Salmonella</i> spp. | | | | | | | 2 | 208 | | | 2 | 208 |
| <i>Shigella flexneri</i> | 1 | 33 | | | | | | | | | 1 | 33 |
| <i>S. sonnei</i> | 1 | 230 | 2 | 93 | 1 | 83 | | | | | 4 | 406 |
| <i>Plesiomonas shigelloides</i> | | | 1 | 60 | | | | | | | 1 | 60 |
| 非 O1 <i>Vibrio cholerae</i> | 1 | 11 | | | | | | | | | 1 | 11 |
| ウイルス | | | | | | | | | | | | |
| ノロウイルス | | | | | | | 3 | 356 | 5 | 727 | 8 | 1,083 |
| SRSV | | | 1 | 148 | | | 1 | 70 | | | 2 | 218 |
| 原虫 | | | | | | | | | | | | |
| <i>Cryptosporidium parvum</i> * | 5 | 403,271 | | | 2 | 1,432 | 1 | 5 | 1 | 10 | 9 | 404,718 |
| <i>Giardia lamblia</i> ** | 5 | 385 | 2 | 1,459 | 4 | 159 | 6 | 52 | 3 | 18 | 20 | 2,073 |
| <i>Naegleria fowleri</i> | | | | | | | | | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 化学物質 | | | | | | | | | | | | |
| 鉛 | 3 | 3 | | | | | | | | | 3 | 3 |
| フッ素化合物 | 2 | 43 | | | | | | | | | 2 | 43 |
| 硝酸塩 | 2 | 4 | 2 | 9 | | | 1 | 1 | | | 5 | 14 |
| 銅 | 1 | 43 | 2 | 37 | 2 | 37 | | | 3 | 34 | 8 | 151 |
| 水酸化ナトリウム | | | 1 | 33 | | | 1 | 2 | | | 2 | 35 |
| 濃縮液体石けん | | | 1 | 13 | | | | | | | 1 | 13 |
| 塩素 | | | 1 | 1 | | | | | | | 1 | 1 |
| エチルベンゼン, ほか | | | | | | | | | 1 | 2 | 1 | 2 |
| エチレングリコール | | | | | | | | | 1 | 3 | 1 | 3 |

* 2001年以後は *Cryptosporidium* species** 1997年以後は *Giardia intestinalis*

表 2. 水道水によるクリプトスポリジウム症集団感染発生の主要事例

| 年 | 発生場所 | 暴露人口 (人) | 感染者数 (人) | 原水 | 浄水方法 | 原因 (推定) |
|-----------|-------------------------|----------|----------|----------|-----------|--------------------------------------|
| 1983 | 英国 Cobaham, Surrey | 不明 | 16 | 湧水 | 緩速濾過+塩素消毒 | 不明 |
| 1984 | 米国テキサス州 Braun Station | 5,900 | 2,006 | 地下水 | 塩素消毒のみ | 下水汚染 |
| 1985 | 英国 Cobaham, Surrey | 不明 | 50 | 湧水 | 緩速濾過+塩素消毒 | 不明 |
| 1986 | 英国 Sheffield, S.Yorks | 不明 | 84 | 表流水 | 不明 | 豪雨による牛ふん便の流出 |
| 1986 | 米国ニューメキシコ州 Albuquerque | 不明 | 78 | 表流水 | 無処理 | 放牧地からの流出水 |
| 1987 | 米国ジョージア州 Carrollton | 32,400 | 12,960 | 表流水 | 通常処理 (*) | 処理不十分 |
| 1988 | 英国 Ayrshier | 24,000 | 27 | 不明 | 不明 | 牛舎排水汚染 |
| 1989 | 英国 Swindon/Oxfordshire | 741,092 | 516 | 表流水 | 通常処理 (*) | 逆洗水の再利用, 原水の牛ふん便汚染, 及びオーシストのろ過池からの漏出 |
| 1989～1990 | 英国 Humberside | 不明 | 不明 | 不明 | 不明 | 不明 |
| 1990 | 英国 Lock Lomond | 不明 | 147 | 表流水 | 不明 | 不明 |
| 1990～1991 | 英国 Thanet 島 | 177,300 | 47 | 表流水 | 通常処理 (*) | 処理不十分 |
| 1991 | 米国ペンシルベニア州 Berks County | 1,987 | 551 | 地下水 | 塩素消毒のみ | 腐敗槽流出水の流入 |
| 1992 | 米国オレゴン州 Jackson County | 160,000 | 15,000 | 湧水 / 表流水 | 通常処理 (*) | 牛の汚物による原水汚染および処理不十分 |

| | | | | | | |
|-----------|--------------------------------|-------------|---------|----------------|-------------------|-------------------------------|
| 1993 | 米国ウィスコンシン州 Milwaukee | 1,600,000 | 403,000 | 表流水 (ミシガン湖) | 通常処理 (*) | 原水の汚染源は不明 処理不十分 |
| 1993 | 米国ワシントン州 Yakima County | 10 | 7 | 地下水 | 無処理 | 家畜ふん便で汚染された表流水の流入 |
| 1993 | 米国ミネソタ州 Cook County | 58 | 27 | 表流水 (湖水) | 圧力ろ過+塩素消毒 | 下水又は腐敗槽の逆流 |
| 1994 | 米国ネバダ州 Las Vegas | 不明 | 103 | 表流水 (メド湖) | 通常処理 (*) | 下水処理水等による原水の汚染, 逆洗水の返送, ろ過不十分 |
| 1994 | 米国ワシントン州 Walla Walla County | 227 | 86 | 地下水 | 無処理 | 下水処理水灌漑装置の故障による流入 |
| 1994 | 日本 神奈川県 平塚市 | 736 | 461 | 表流水 | 通常処理 (*) | 受水槽への汚水混入 |
| 1995 | 米国フロリダ州 Alachua County | 104 | 72 | 不明 | 不明 | 配水系統へ汚染水逆流 |
| 1996 | 日本 埼玉県 越生町 | 約13,800 | 8,812 | 湧水 / 表流水 | 通常処理 (*) | 排水による原水の汚染, 処理不十分 |
| 1997 | 英国 North London/ Hertfordshire | 1,522,990 | 354 | 地下水 (井戸 + 試掘孔) | 活性炭ろ過+塩素消毒 | 表流水による原水の汚染, 処理不十分 |
| 2001 | カナダ サスカチュワン州 North Battleford | 5,800~7,100 | 1,907 | 井戸水 / 河川水 | 塩素消毒のみ / 通常処理 (*) | 河川水原水の濁度除去不良 |
| 2004~2005 | ノルウェー Bergen | 不明 | 115 | 表流水 | 塩素消毒のみ | 不明 (ジアルジア集団感染と同時) |
| 2005~2006 | 英国 Wales | 不明 | 231 | 表流水 (貯水池) | 圧力ろ過+塩素消毒 | 集水域における小規模流行 (ヒト型オーシストと判明) |

(*) 通常処理: 凝集沈殿 + 砂ろ過 + 塩素消毒.

表 3. 米国における飲料水起因のジアルジア症発生状況 (1989~2000年)

| 年 | 発生場所 | 感染者数 (人) | 水源 | 原因 (推定) |
|------|------------|----------|---------|----------|
| 1989 | コロラド州 | 19 | 河川水 | 処理の欠陥 |
| | ニューヨーク州 | 460 | 貯水池 | 処理の欠陥 |
| | 同上 | 53 | 湖水 | 処理の欠陥 |
| 1990 | アラスカ州 | 18 | 河川水 | 無処理 |
| | コロラド州 | 123 | 湧水 | 処理の欠陥 |
| | バーモント州 | 24 | 湖水 | 処理の欠陥 |
| 1991 | カリフォルニア州 | 15 | 湧水 | 配水系統の欠陥 |
| | ペンシルバニア州 | 13 | 地下水 | 処理の欠陥 |
| 1992 | アイダホ州 | 15 | 地下水 | 無処理 |
| | ネバダ州 | 80 | 湖水 | 処理の欠陥 |
| 1993 | ペンシルバニア州 | 20 | 地下水 | 処理の欠陥 |
| | サウスダコタ州 | 7 | 地下水 | 無処理 |
| 1994 | ニューハンプシャー州 | 18 | 貯水池 | 処理の欠陥 |
| | 同上 | 18 | 湖水 | 処理の欠陥 |
| | テネシー州 | 304 | 貯水池 | 配水系統の欠陥 |
| 1995 | アラスカ州 | 10 | 表流水 | 無処理 |
| | ニューヨーク州 | 1,449 | 湖水 | 処理の欠陥 |
| 1996 | - | | | |
| 1997 | ニューヨーク州 | 50 | 湖水 | 処理の欠陥 |
| | オレゴン州 | 100 | 井戸 / 湧水 | 配水系統の欠陥 |
| 1998 | フロリダ州 | 7 | 井戸 | 無処理 |
| | 同上 | 2 | 井戸 | 処理の欠陥 |
| 1999 | フロリダ州 | 2 | 井戸 | 無処理 |
| 2000 | コロラド州 | 27 | 河川水 | 処理の欠陥 |
| | フロリダ州 | 2 | 井戸 | 配水系統の欠陥 |
| | ミネソタ州 | 12 | 井戸 | 無処理 |
| | ニューハンプシャー州 | 5 | 井戸 | 無処理 |
| | ニューメキシコ州 | 4 | 河川水 | 不明 / その他 |

は2004～2005年にかけてノルウェーで1,500人以上の患者を出す大規模な水道水起因の集団感染があった^{19, 20)}。幸い、わが国では水系感染によるジアルジアの集団下痢症はこれまで発生していないが、感染症発生動向調査では毎年100例前後の患者が報告されており、経口感染が推定されている例も多い。また後述するように、河川水や水道水の汚染も現実起きており、水道水の汚染による集団感染が発生する要素はそろっていると考えなければならない。

3. わが国水源河川の汚染状況

橋本ら²¹⁾は、神奈川県的主要水源である相模川水系の11地点において1997年4月～12月まで、延べ77試料について、最大水量100 Lで原虫類の調査を行っている(表4)。この調査においてクリプトスポリジウムは11地点中10地点、77試料中51試料で検出された。検出数の範囲は小鮎川片原橋地点を除いて1～500個/100 Lであった。ジアルジアは11地点すべてから検出され、77試料中51試

表4. 相模川水系における原虫類測定結果

| 地点 | | クリプトスポリジウム | ジアルジア |
|-------|------|------------|-----------|
| 相模川 | | | |
| 桂橋 | 平均 | 3 | 28 |
| | 検出割合 | 1 / 1 | 1 / 1 |
| 相模湖 | 平均 | 3 | 5.0 |
| | 範囲 | 1～2.2 | 2～13 |
| | 検出割合 | 4 / 6 | 3 / 6 |
| 昭和橋 | 平均 | 2 | 2 |
| | 範囲 | 1～8 | 1～3 |
| | 検出割合 | 3 / 5 | 4 / 5 |
| 厚木市金田 | 平均 | 7 | 20.0 |
| | 範囲 | — | 3～130 |
| | 検出割合 | 1 / 5 | 2 / 5 |
| 厚木市東町 | 平均 | 2.0 | 8 |
| | 範囲 | 9～130 | 2～19 |
| | 検出割合 | 4 / 5 | 3 / 5 |
| 寒川町宮山 | 平均 | 9 | 4 |
| | 範囲 | 1～67 | 1～18 |
| | 検出割合 | 15 / 18 | 14 / 18 |
| 小鮎川 | | | |
| 片原橋 | 平均 | 2,110 | 540 |
| | 範囲 | 190～11,000 | 14～20,000 |
| | 検出割合 | 9 / 9 | 8 / 9 |
| 厚木市元町 | 平均 | 23 | 9 |
| | 範囲 | 6～100 | 2～36 |
| | 検出割合 | 5 / 5 | 5 / 5 |
| 中津川 | | | |
| 愛川町半原 | 平均 | — | 1 |
| | 検出割合 | 0 / 9 | 1 / 9 |
| 才戸橋 | 平均 | 6 | 11 |
| | 範囲 | 2～23 | 2～44 |
| | 検出割合 | 5 / 9 | 8 / 9 |
| 鮎津橋 | 平均 | 33 | 2 |
| | 範囲 | 3～500 | 2～2 |
| | 検出割合 | 4 / 5 | 2 / 5 |
| 水系全体 | | | |
| | 平均 | 24 | 12 |
| | 範囲 | 1～11,000 | 1～20,000 |
| | 検出割合 | 51 / 77 | 51 / 77 |

平均：幾何平均値 (個 / 100 L)

範囲：検出数の最小値～最大値 (個 / 100 L)

検出割合：陽性試料数 / 試料総数

料が陽性であった。検出数の範囲は小鮎川片原橋地点を除いて1～130個/100 Lであった。流入河川の片原橋地点では、その直上流に養豚場排水が流入しているため、両原虫とも高濃度に検出された。水道原水が取水される相模川寒川町宮山地点におけるクリプトスポリジウム濃度は不検出～67個/100 L、ジアルジアは不検出～18個/100 Lであった。

保坂ら^{22, 23)}は多摩川本川の実験基準点等8地点において、1999年9月～2003年1月に計8回、延べ61試料について原虫類等の調査を行った(表5)。クリプトスポリジウムは拝島原水補給点を含む下流側の4地点で、2000年1月以降の47試料中13試料から検出された。特に下水処理場放流水の混入率が高い多摩川原橋から下流の3地点では、2001年1月に630～1,100個/100 Lと極めて多数

検出された。ジアルジアは多摩川原橋から下流の3地点では1999年9月の最初の調査からほぼ毎回検出され、クリプトスポリジウムの場合と同様、2001年1月の調査では1,200～1,500個/100 Lと極めて高濃度で検出された。さらに、水質環境基準AA類型に指定され、通常は水質がもっとも良好と考えられる最上流地点の昭和橋や和田橋でも、同時期に1～19個/100 Lが検出された²²⁾。しかし、2002年6月～2003年1月の調査ではこうした高濃度の値は観察されず、この原因として、糞便汚染指標細菌数が減少していたことなどから、流域の下水処理場において放流水改善対策が取られたためと推察している²³⁾。なお、水道原水が取水される地点(羽村堰、拝島原水補給点)では全調査を通じてクリプトスポリジウムは不検出～1個/100 L、ジアルジアは不検出～5個/100 Lであった。

表5. 多摩川における原虫類調査結果

| | 1999年9月～2000年1月調査 調査水量 20 L | | 2000年11月～2001年1月調査 調査水量 100 L | | 2002年6月～2003年1月調査 調査水量 100 L | |
|--------------|--|-----------------------------------|---|------------------------------------|---|------------------------------------|
| | クリプト スポリジウム 検出範囲 (個/20 L) 検出割合 | ジアルジア 検出範囲 (個/20 L) 検出割合 | クリプト スポリジウム 検出範囲 (個/100 L) 検出割合 | ジアルジア 検出範囲 (個/100 L) 検出割合 | クリプト スポリジウム 検出範囲 (個/100 L) 検出割合 | ジアルジア 検出範囲 (個/100 L) 検出割合 |
| 上流域 | | | | | | |
| 昭和橋 | 0 0/3 | 0 0/3 | 0 0/2 | 19 1/2 | 0 0/3 | 0 0/3 |
| 和田橋 | 0 0/3 | 0 0/3 | 0 0/2 | 1 1/2 | 0 0/3 | 0 0/3 |
| 東秋川橋 (秋川) | — — | — — | 0 0/2 | 0 0/2 | 0 0/3 | 0 0/3 |
| 羽村堰 | 0 0/3 | 0 0/3 | 0 0/2 | 0 0/2 | 0 0/3 | 0 0/3 |
| 拝島原水補給点 | 0 0/3 | 0 0/3 | 1 1/2 | 5 1/2 | 0 0/3 | 0 0/3 |
| 下流域 | | | | | | |
| 多摩川原橋 | 0 0/3 | 1～24* 3/3 | 18～630 2/2 | 270～1,500 2/2 | 1 2/3 | 1～65 2/3 |
| 砧下取水点 | 0 0/3 | 1～8* 3/3 | 2～810 2/2 | 56～1,400 2/2 | 1 2/3 | 2 2/3 |
| 田園調布堰上 | 2* 1/3 | 2～16* 3/3 | 1,100 1/2 | 3.6～1,200 2/2 | 1 2/3 | 1 2/3 |

* 調査水量が20 Lのため、20 L中の検出個数で表示。

関東の水道水源として極めて重要な利根川・江戸川水系においては、北千葉広域水道企業団と東京都水道局が2000年11月と2001年2月に共同調査を行っている²⁴⁾。この調査での検査水量は10 Lと少なく、1個/10 L以下の汚染状況については把握できないが、2回の調査を通じて16地点すべてから原虫類が検出された(表6)。本川(利

根川、江戸川、渡良瀬川)の各地点で検出されたクリプトスポリジウムとジアルジアの数は概ね1～10個/10 Lであった。しかしクリプトスポリジウムでは、汚濁した流入河川を含めた水系全体では1～93個/10 Lと多くなった。水道原水の取水地点(利根大堰と三郷取水庭)ではクリプトスポリジウムは不検出～3個/10 L、ジアルジアは1

表 6. 利根川・江戸川水系における原虫類検出状況

| 地点 | クリプトスポリジウム (個 /10 L) | | ジアルジア (個 /10 L) | |
|--------|-------------------------|-------------|--------------------|-------------|
| | 2000年 11月 | 2001年 2月 | 2000年 11月 | 2001年 2月 |
| 利根川 | | | | |
| 坂東大橋 | — | 1 | — | 8 |
| 刀水橋 | — | 3 | — | 10 |
| 利根大堰 | 0 | 3 | 3 | 4 |
| 新利根川橋 | — | 8 | — | 4 |
| 渡良瀬川 | | | | |
| 三国橋 | 0 | 12 | 3 | 1 |
| 江戸川 | | | | |
| 関宿橋 | 1 | 6 | 0 | 1 |
| 金野井大橋 | 1 | — | 2 | — |
| 野田橋 | — | 3 | — | 5 |
| 上花輪 | 1 | — | 2 | — |
| 流山橋 | 1 | 6 | 3 | 6 |
| 北千葉取水口 | 1 | 6 | 1 | 3 |
| 三郷取水庭 | 0 | 2 | 1 | 6 |
| 流入河川 | | | | |
| 座生川 | 0 | 8 | 0 | 1 |
| 利根運河 | 1 | 14 | 10 | 0 |
| 谷口取水口 | 2 | 93 | 9 | 10 |
| 主水大橋 | 2 | 7 | 2 | 4 |

～6個/10Lであった。

関西の重要な水道水源である淀川水系（木津川・宇治川・桂川・淀川）においては、大阪府水道部、枚方市水道局並びに寝屋川市水道局が2000年7月と2001年1月に28地点で共同調査を行っている²⁵⁾。この調査でも検査水量は10Lと少なく、1個/10L以下の汚染状況については把握できないが、両原虫とも淀川水系全体の広い範囲で検出された（表7）。木津川、宇治川及び桂川とこの3川が合流した淀川の各本川16地点では、クリプトスポリジウムは1～27個/10L、ジアルジアは1～79個/10Lであった。淀川水系においても本川よりも流入河川で高濃度の地点が見られ、淀川水系全体の検出数範囲はクリプトスポリジウムで1～32個/10L、ジアルジアでは1～380個/10Lであった。

4. 水道水の汚染状況

越生町での事件以後、地方の小規模な水道あるいは簡易水道で、ろ過を行わずに消毒のみで給水している水道施設や浄水処理の管理が悪い水道施設で、浄水にクリプトスポリジウムやジアルジアが検出され、給水停止となる事件がたびたび発生している（表8）。しかし、こうした事故事例を除いて、通常の浄水処理が適切に施された水道水における原虫の汚染レベルについては情報が乏しく、実態はほとんど不明のままであった。

猪又・保坂²⁶⁾は、水道事業者が発行している水質年報等に基づいて、北海道から沖縄県までの19都道府県の平成9～13年までの間の浄水場の原水及び浄水における原虫検出状況を調査した。その結果、クリプトスポリジウムにつ

いては19都道府県29水道事業者、延べ163箇所の浄水場原水の延べ1,922件中150件（検出率7.8%）で1～26個/10Lが検出されていた。また、ジアルジアについては16都道府県21水道事業者、延べ130箇所の浄水場原水の延べ1,163件中114件（検出率9.8%）で1～23個/10Lが検出されていた。しかし、浄水に関しては、クリプトスポリジウム、ジアルジアとも、すべて不検出であり、水道水における原虫の存在状況を明らかにすることはできなかった。なお、浄水の検査水量は10～50Lであり、その多くは20Lあるいは40Lで検査されていた。

わが国の浄水場浄水における原虫の存在状況を報告した唯一の例は、Hashimotoら²⁷⁾による相模川を水源とするある浄水場の調査結果である。この調査では、限外ろ過膜を用いて2,000Lの浄水を検査しており、クリプトスポリジウムは26試料中9試料から0.5～2個/1,000Lの濃度で、またジアルジアは26試料中3試料から0.5～8個/1,000Lの濃度で検出された。この浄水場は適切に運転管理され、浄水は水質基準を十分満足しており、給水区域内での水道水起因の原虫症の発生もなかった。この浄水場の原水には概ね $10^1 \sim 10^2$ 個/100Lのオーダーでクリプトスポリジウム及びジアルジアが検出されていた。この濃度は、前記のようにわが国の水源河川や全国の浄水場原水での検出濃度範囲とも一致している。すなわち、わが国の多くの表流水系浄水場の原水状況の代表としてとらえることができ、そうした原水を処理している浄水場で、適切に運転管理されている場合の浄水中の原虫類濃度は最大でも10個/1,000L程度であると考えられる。

わが国では多くの水道事業者が「水道に関するクリプト

表 7. 淀川水系における原虫類検出状況

| 河川名 | 地点 | クリプトスポリジウム (個 / 10 L) | | ジアルジア (個 / 10 L) | |
|--------------|-------------------|--------------------------|-------------|---------------------|-------------|
| | | 2000年 7月 | 2001年 1月 | 2000年 7月 | 2001年 1月 |
| 木津川 (山田川) | 恭仁大橋 (木津川合流直前) | (0) | 4 (2) | (0) | (3) |
| 木津川 (大谷川) | 玉水橋 (八幡排水機場) | (0) | 1 (0) | (0) | 2 (0) |
| 木津川 | 御幸橋 | | 1 | | 2 |
| 宇治川 (山科川) | 宇治橋 (宇治川合流直前) | (0) | (5) | (12) | (340) |
| 宇治川 | 宇治大橋左岸 | | | 3 | 10 |
| | 宇治大橋右岸 | | | 1 | 6 |
| (大内川) | (久御山排水機場) | (0) | (32) | (0) | (23) |
| 宇治川 | 御幸橋左岸 | | 3 | 2 | 43 |
| | 御幸橋流心 | | 2 | 2 | 10 |
| | 御幸橋右岸 | | | 1 | 8 |
| 桂川 | 渡月橋 | | 2 | | 1 |
| | 久世橋 | | 2 | | 1 |
| | 久我橋 | 2 | 27 | 4 | 66 |
| (鴨川) | (西高瀬川合流直前) | (1) | (0) | (0) | (1) |
| (西高瀬川) | (鴨川合流直前) | (3) | (16) | (28) | (380) |
| 桂川 | 宮前橋 | | 13 | 6 | 79 |
| (船橋川) | (淀川合流直前) | — | (1) | — | (0) |
| (穂谷川) | (淀川合流直前) | (0) | (1) | (0) | (20) |
| (利根川) | (淀川合流直前) | (0) | (5) | (1) | (84) |
| (黒田川) | (淀川合流直前) | (0) | (0) | (0) | (0) |
| (天野川) | (淀川合流直前) | (0) | (15) | (0) | (5) |
| (安居川) | (淀川合流直前) | (0) | (4) | (6) | (1) |
| 淀川 | 枚方大橋左岸 | | 4 | 2 | 16 |
| | 枚方大橋流心 | | | 1 | 1 |
| | 枚方大橋右岸 | | 3 | | 12 |

() は流入河川並びにその測定値。

表 8. 原虫類検出による水道の給水停止事例 *

| 平成 | 県名 | 水道事業者名等 | 浄水処理 | 検出状況 | |
|-----|-----|-----------------|--------|----------------------------|--|
| | | | | 原水 | 浄水 |
| 9年 | 鳥取 | 三山口簡易水道 | 塩素消毒のみ | — | <i>Cryptosporidium</i> 8個 / 10 L <i>Giardia</i> 2個 / 10 L |
| | 岡山 | 哲多簡易水道 | 塩素消毒のみ | — | <i>Cryptosporidium</i> 1個 / 10 L |
| 10年 | 福井 | 永平寺町志比地区簡易水道 | 急速ろ過処理 | <i>Giardia</i> 2～4個 / 10 L | <i>Giardia</i> 2個 / 20 L |
| | 兵庫 | 立船野簡易水道 | 塩素消毒のみ | — | <i>Cryptosporidium</i> 2個 / 10 L |
| 11年 | 山形 | 朝日村上水道 | 塩素消毒のみ | — | <i>Cryptosporidium</i> 4個 / 60 L <i>Giardia</i> 2～3個 / 60 L |
| 12年 | 青森 | 三戸町 蛇沼地区簡易水道 | 塩素消毒のみ | — | <i>Giardia</i> 5個 / 20 L |
| | 岩手 | 平泉町 戸河内簡易水道 | 塩素消毒のみ | — | <i>Giardia</i> (濃度不詳) |
| 13年 | 愛媛 | 今治市上水道 | 塩素消毒のみ | — | <i>Cryptosporidium</i> 2個 / 20 L |
| | 兵庫 | 山崎町川戸簡易水道 | 塩素消毒のみ | — | <i>Cryptosporidium</i> 50個 / 10 L |
| | 鹿児島 | 財部町七村第二水源 | 塩素消毒のみ | — | <i>Cryptosporidium</i> 6個 / 20 L |
| 14年 | 愛媛 | 北条市上水道 | 急速ろ過処理 | — | <i>Cryptosporidium</i> 1個 / 40 L |

* 新聞報道等による発表があった事例のみ。

スポリジウムのオーシストの検出のための暫定的な試験方法」(厚生労働省, 平成10年)に準じた検査水量(原水で概ね10 L, 浄水で概ね20 L)で水道水等の試験を行っている。最大でも10個/1,000 L程度という浄水中の原虫濃度レベルは, 検査水量20 Lでは0.2個にすぎず, 多くはこれ以下の濃度と考えられることから, 適切に処理された水道水中の原虫は「暫定的な試験方法」に示された水量による検査ではほとんど検出されないと考えられる。このことは一方で, わが国の水道水における原虫類の存在状況を正確に把握し, 水道水の摂取による原虫感染のリスクを評価するためには, 浄水場浄水に対して少なくとも100 Lもしくはそれ以上の検査水量による調査が必要であることを示している。

5. おわりに

1996年の越生町でのクリプトスポリジウム集団感染事件以後, わが国では幸いにして水道起因の原虫症集団感染は発生していない。しかし地方の小規模な水道ではクリプトスポリジウムあるいはジアルジアが検出され, 給水停止となる事例がいくつも発生している。これらの水道の多くが浅井戸を水源としており, 今後は河川等の表流水を水源とする水道のみならず, 表流水や近傍の排水の汚染を受けやすい浅井戸を原水とする水道の原虫汚染の状況についても監視を強化し, 適切な対策を指導する必要がある。加えて, 米国では近年, 飲料水よりもプール水を原因とした原虫感染事例が増えており²⁸⁾, CDCはプールの利用者や設置者に注意を促している²⁹⁾。広い意味での原虫類の水系感染を防止するため, 今後はレクリエーション用水における原虫汚染に対しても十分関心を払う必要があろう。

文献

- 1) Kramer MH, Herwaldt BL, Craun GF, et al. MMWR 1996;45(No.SS-1):1-30.
- 2) Levy DA, Benz MS, Craun GF, et al. MMWR 1998;47(No.SS-5):1-33.
- 3) Barwick RS, Levy DA, Craun GF, et al. MMWR 2000;49(No.SS-4):1-32.
- 4) Lee SH, Levy DA, Craun GF, et al. MMWR 2002;51(No. SS-8):1-44.
- 5) Blackburn BG, Craun GF, Yoder JS, et al. MMWR 2004;53(No.SS-8):23-43.
- 6) 黒木俊郎. 病原微生物検出情報 1994;15:248-249.
- 7) 埼玉県衛生部. クリプトスポリジウムによる集団下痢症—越生町集団下痢症発生事件—報告書. 1997.
- 8) Solo-Gabriele H, Neumeister S. J. AWWA 1996;88(9):76-86.
- 9) Lisle JT, Rose JB. J. Wat. SRT-Aqua 1995;44(3):103-117.
- 10) Pontius FW. J. AWWA 1993;85(8):18,22,122-123.
- 11) Leland D, McAnulty J, Keene W, et al. J. AWWA 1993;85(6):34-42.
- 12) 日本水道協会水道技術総合研究所「水道の原虫対策に関する研究会」. 水道協会雑誌1999;68(6):75-84.
- 13) Stirling R, Aramini J, Ellis A, et al. CDR 2001;27(22):185-192.
- 14) Robertson LJ, Forberg T, Hermansen L, et al. : Appl Environ Microbiol 2006;72:2218-2220.
- 15) Cooperative Research Centre for Water Quality and Treatment. Health Stream 2006;41:10-11.
- 16) Herwaldt BL, Craun GF, Stokes SL, et al. J.AWWA 1992;84(4):129-135.
- 17) Moore AC, Herwaldt BL, Craun GF, et al. MMWR 1993;42(No.SS-5):1-22.
- 18) WHO. Guidelines for drinking-water quality, 2nd ed., Vol. 2. Geneva, 1996.
- 19) Nygård K, Schimmer B, Søbstad Ø, et al. Eurosurveillance weekly 2004;8(46). (web版)
- 20) Robertson LJ, Hermansen L, Gjerde BK., et al. Appl Environ Microbiol 2006;72:2212-2217.
- 21) 西崎綾, 他. 水環境学会誌 1999;22:282-287.
- 22) 保坂三継, 落合由嗣, 矢野一好, 他. 用水と廃水 2002;44:295-303.
- 23) 保坂三継, 勝田千恵子, 榎田隆一, 他. 東京健安研七年報 2003;54:290-295.
- 24) 五十嵐公文, 小西道生, 木村直広, 他. 平成13年度日本水道協会関東地方支部水質研究発表会講演集 2001;16-18:2001.
- 25) 中西正治, 向井聖二, 保尊とし子, 他. 第52回全国水道研究発表会講演集, 558-559, 2001.
- 26) 猪又明子, 保坂三継. 東京健安研七年報57., (印刷中).
- 27) Hashimoto A, Kunikane S, Hirata T. Wat Res 2002;36:519-526.
- 28) Yoder JS, Blackburn BG, Craun GF, et al. MMWR 2004;53(No.SS-8):1-21.
- 29) CDC, Division of Parasitic Diseases. Healthy Swimming. <http://www.cdc.gov/healthyswimming/>