

水道水並びに水源河川等における原虫類の検出状況 (平成12年度調査結果から)

保坂三継*, 落合由嗣*, 矢野一好*, 眞木俊夫*

Detection of *Cryptosporidium* Oocysts and *Giardia* Cysts from Drinking Water and Surface Water Samples (Apr. 2000 ~ Mar. 2001)

Mitsugu HOSAKA*, Yoshitsugu OCHIAI*, Kazuyoshi YANO* and Toshio MAKI*

Keywords: クリプトスポリジウム *Cryptosporidium*, ジアルジア *Giardia*, 原虫 protozoa, 水道水 drinking water, 水道原水 raw water, 河川水 river water, 表流水 surface water, 糞便汚染指標細菌 indicator bacteria of fecal pollution

緒言

1996年6月に埼玉県越生町でクリプトスポリジウムによる集団下痢症が発生¹⁾して以来,各地の水道事業者並びに地方自治体で水道水に係わる原虫対策が進められている。しかし,わが国では水道水や水道原水中の原虫類の存在量やその変動について,継続的に調査し,公表されているデータに乏しく²⁾,原虫類による水の汚染実態把握,感染リスクの推定,浄水処理による除去効果の評価等,水系感染性原虫による健康リスクの評価とその低減対策を進めるうえでの足枷となっている。

東京都においては,都水道局が給水している地域を除いて,多摩地区や島嶼など都内のそのほかの水道に関しては都衛生局生活環境部の「水道における感染性微生物の実態調査」の一環として筆者らが原虫類の調査を行っている。また水道水以外にも,都市環境水による水系感染防止の観点から,河川水,雑用水等についても調査を行い,その実態の把握に努めている。

前報³⁾では,多摩川下流においてジアルジアを多数検出し,さらに多摩川で初めてクリプトスポリジウムを検出したことを報告した。本報では,引き続き平成12年度に実施した調査の結果,水道原水における原虫の存在を確認し,河川水においても極めて高濃度の原虫汚染を見いだしたので,報告する。

材料及び方法

1. 試料水

表1に試料水の一覧を供試水量の内訳とともに示した。平成12年度は可能な限り試料水量を増やし,最大100Lとした。

1) 水道水等 平成12年5月~平成13年2月の間に,東京都多摩地区と島嶼(伊豆諸島,小笠原)の浄水場から採取

された原水14試料(各60L)及び浄水15試料(各60L),並びに東北地方の水源河川であるK川水系の取水地点の原水4試料(各20L)及びこの原水を処理する3カ所の浄水場から採取された浄水9試料(各40L)を用いた。なお,水道原水はすべて表流水である。

2) 河川水 平成12年11月~平成13年2月の間に,図1に示す多摩川水系の8地点(昭和橋,和田橋,羽村堰,東秋川橋,拝島原水補給点,多摩川原橋,砧下取水点,田園調布堰上)から採取された16試料(各100L)及び東北地方の水源河川K川水系の5地点から採取された5試料(各20L)を用いた。

3) 雑用水 平成12年4月~平成13年1月の間に都内で採取された逆浸透膜ろ過処理された下水再生水8試料(各60L)及びこれを利用した修景用水(親水公園の人工河川)8試料(各60L)を用いた。

2. 原虫類の検査方法

水試料からの原虫類の検出方法は既報⁴⁾に従った。なお,ここで原虫類とはクリプトスポリジウムのオーシスト並びにジアルジアのシストのことである。検査結果は「水道に関するクリプト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⁵⁾」に従い,試料水20L当たりの検出原虫数で示した。

3. 糞便汚染指標細菌の検査方法

前報³⁾と同様に行った。なお,河川水の大腸菌群数はBGLB培地(日水製薬)を用いたMPN法で計数した。

結果及び考察

1. 浄水

平成12年度に調査した東京都多摩地区と島嶼(伊豆諸島,小笠原)の浄水15試料(各60L),並びに東北地方K川水系の3カ所の浄水場の浄水9試料(各40L)については,

* 東京都立衛生研究所環境保健部水質研究科 169-0073 東京都新宿区百人町3-24-1

* The Tokyo Metropolitan Research Laboratory of Public Health
3-24-1, Hyakunin-cho, Shinjuku-ku, Tokyo, 169-0073 Japan

表1. 水道水並びに環境水の原虫類検査試料一覧(平成12年度)

試料水	試料数	供試水量別内訳			
		20 L	40 L	60 L	100L
水道水等					
浄水	24		9	15	
水道原水(表流水)	18	4		14	
河川水	21	5			16
雑用水					
RO膜処理水(*1)	8			8	
修景用水(*2)	8			8	
合計	79	9	9	45	16

*1 逆浸透膜処理した下水処理水

*2 親水公園の河川水

原虫類はすべて不検出だった。

Haas and Rose (1995)⁶⁾は、米国における浄水のモニタリングと流行発生時やその後の測定結果から、クリプトスポリジウムに対するAction Levelを提案している。すなわち、浄水中に10~30個/100 L以上のオーシストが検出される場合、流行発生の可能性があるとしている。またこの範囲に達しない場合は、流行は発生してもそれと気づかれないうらともし、もし1試料でもこの範囲以上のオーシストが検出されたなら、適切な対策決定のために緊急に対応すべきとしている。また英国は1999年の水道規則の改正で、1日当たり約1,000 Lの浄水を濃縮して検査し、平均オーシスト数が1個/10L未満であることという基準を定めた⁷⁾。今回調査した浄水はすべて60 L又は40 Lで原虫類は不検出であり、上記のAction Levelや基準に基づけば、これらの浄水が直ちに原虫による集団感染の原因となる可能性は少ないと判断できる。しかし米国環境保護庁(USEPA)は

水道水に由来する微生物の年間感染確率を 10^{-4} /年とすることを目標としており、そのための浄水中のクリプトスポリジウムオーシストの許容濃度として、ヒトに対する感染実験に基づく研究から 3×10^{-3} 個/100 Lが提案されている⁸⁾。ジアルジアについても同様に許容シスト濃度 7×10^{-4} 個/100 Lが示されている⁹⁾。このようなごく低濃度の汚染レベルを水質検査によって検出することは極めて困難であり、USEPAも原虫類に関しては濃度表現による基準値ではなく、処理による除去率で規制している^{10), 11)}。一方、USEPAの年間感染確率 10^{-4} /年に基づく上記の原虫類の許容濃度は消毒による不活化を全く考慮していないので、実際の水道水のリスク評価にそのまま当てはめることは慎重でなければならないと考える。例えば、Hashimotoら(2000)¹²⁾は、相模川を水源とする大規模浄水場において、1年間にわたり、浄水2,000 Lを中空糸膜フィルターで濃縮して原虫類を調べ、クリプトスポリジウムを26試料中9試料から0.5~8個/ m^3 (幾何平均1.2個/ m^3)、ジアルジアを26試料中3試料から0.5~2個/ m^3 (幾何平均0.8個/ m^3)検出した。これらの値は先に示したUSEPAの年間感染確率 10^{-4} /年に基づく原虫類の許容濃度よりもはるかに大きいにもかかわらず、この浄水場の給水区域での原虫感染症集団発生の報告はない。今後、浄水の汚染実態の詳細な把握と浄水処理による原虫類の除去・不活化効果についてさらに調査し、USEPAの年間感染確率 10^{-4} /年に基づく許容原虫濃度の再評価を含めた、水道水による感染リスクの評価・検討を、実データに基づいて進める必要があると考える。

2. 水道原水及び水源河川

1) 多摩地区及び島嶼の水道原水 多摩地区の水道原水7試料と島嶼の水道原水7試料について、前報³⁾と同様に橋

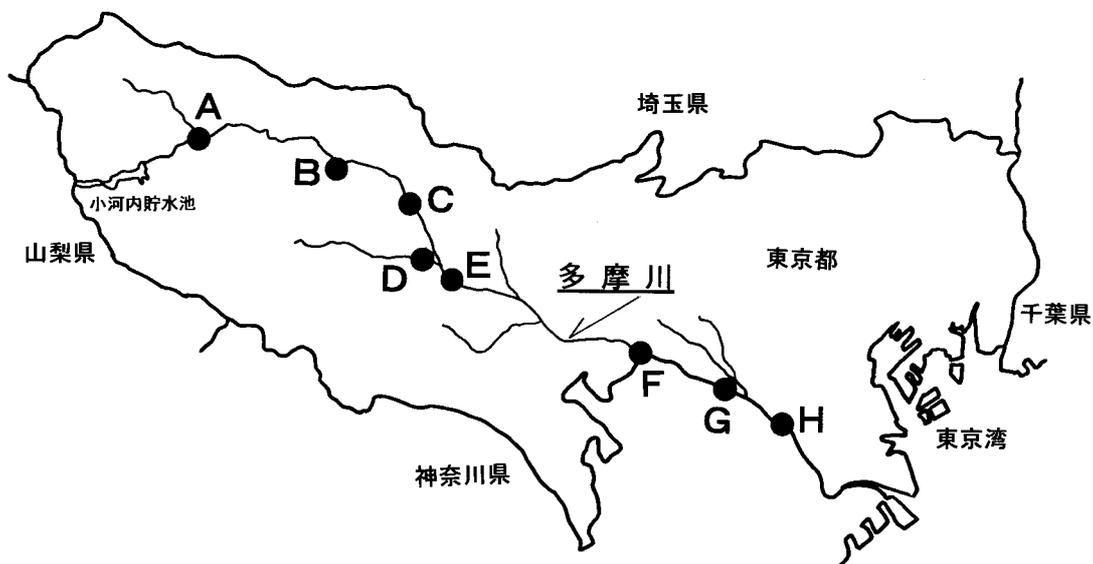


図1 多摩川の採水地点

A: 昭和橋 B: 和田橋 C: 羽村堰 D: 東秋川橋 E: 拝島原水補給点
F: 多摩川原橋 G: 砧下取水点 H: 田園調布堰上

表2 多摩地区及び島嶼水道原水の糞便汚染指標細菌と原虫類の出現状況(平成12年度)

		原虫類		糞便汚染指標細菌					備考
		クリプト		糞便性		糞便性		ウェルシュ菌	
		スポリジウム (個/20 L)*	ジアルジア (個/20 L)*	大腸菌群 (MPN/100 mL)	大腸菌群 (MPN/100 mL)	大腸菌 (MPN/100 mL)	連鎖球菌 (MPN/100 mL)	芽胞 (CFU/100 mL)	
檜原村	南秋川	0	0	11	4.5	4.5	3.5	0	
	北秋川	0	0	23	1.5	0	53	0	
奥多摩町	氷川	0	0	110	1	2.0	0	0	
	日原	0	0	33	0	4.5	12	0	
	小河内	0	0	4.1	0	2.0	1	0	
	大丹波	0	0	170	1.5	7.8	27	0	
	棚沢	0	1	79	3.5	2.0	410	0	
多摩地区	検出範囲 (陽性率)	不検出 (0/7)	1 (1/7)	4.1~170 (7/7)	1~4.5 (5/7)	2.0~7.8 (6/7)	1~410 (6/7)	- (0/7)	
八丈町	洞輪沢	0	0.3	2,400	23	13	570	0	
	関之戸	0	0	330	1.5	0	87	0	
	大川	0	0	1,700	35	70	480	0	
小笠原村	沖村	0	0	4,900	48	33	120	15	
	扇浦	0	0	4,900	300	79	200	13	
青ヶ島村	向ヶ沢	0	0	4,900	15	2.0	3.5	31	
利島村	第3貯水池	0.7	11	35,000	1,400	2,200	2,000	9	
島嶼	検出範囲 (陽性率)	0.7 (1/7)	0.3~11 (2/7)	330~35,000 (7/7)	1.5~1,400 (7/7)	2.0~2,200 (6/7)	3.5~2,000 (7/7)	13~31 (4/7)	
中津川	半原	検出範囲 (陽性率)	不検出 (0/9)	0.2 (1/9)	330~79,000 (9/9)	8~130 (8/9)		0.2~12 (9/9)	橋本ら
相模川	昭和橋	検出範囲 (陽性率)	0.2~1.6 (3/5)	0.2~0.6 (4/5)	3,300~24,000 (5/5)	20~610 (5/5)		2~58 (5/5)	(1999) から
	相模湖	検出範囲 (陽性率)	0.2~4.4 (4/6)	0.4~2.6 (3/6)	1,700~68,000 (6/6)	7~790 (5/6)		4~23 (6/6)	抜粋

* 本調査では試料水60 Lを用いて原虫類を調べた。一方、橋本ら(1999)は100 L当たりの原虫類の個数で報告している。そのため、原虫類の検出個数についてはすべて20 L当たりの個数に換算して表示した。

本ら(1999)¹³⁾による相模川水系の調査結果のうち糞便汚染が最も小さいと考えられる3地点のデータとともに表2に示す。

多摩地区7地点の原水では平成11年度調査³⁾と比べて指標細菌類の陽性率が大きくなり、大腸菌群及び糞便性連鎖球菌では検出菌数も多くなった。ジアルジアが検出された棚沢浄水場原水は糞便性連鎖球菌の値が最も高い試料であった。島嶼7地点の原水では平成11年度調査³⁾と比べて、糞便性大腸菌群の陽性率が大きくなり、ウェルシュ菌芽胞を除くすべての指標細菌の検出菌数が1桁以上多くなった。ジアルジアは八丈町洞輪沢浄水場原水と利島村第3貯水池で、またクリプトスポリジウムは利島村第3貯水池で検出された。クリプトスポリジウムとジアルジアの両方を検出した利島村第3貯水池の試料は今回調査した多摩地区及び島嶼の水道原水で最も指標菌の数が多かった。一方、ジアルジアが検出された八丈町洞輪沢浄水場原水は指標菌数で見れば他の地点と大差がない。このことは、水質的には他の地点においても原虫類が検出されうる状況にあることを示している。

島嶼の水道原水の汚染レベルは、指標細菌や原虫の検出状況からみて相模川水系の最も汚染の少ない地点とほぼ同様であると判断できる。また多摩地区の水道原水は、指標細菌の濃度は低いですが、陽性率はウェルシュ菌芽胞を除いて高く、今後の糞便汚染の進行によって原虫類汚染が拡大することに注意が必要である。

2) 多摩川河川水 平成12年度は11年度³⁾に比べて非常に多数の原虫類が検出された。表3に多摩川の各調査地点における原虫類及び糞便汚染指標細菌の検出結果を示す。なお、ここでは便宜上、昭和橋から拝島原水補給点までの5地点を上流側、多摩川原橋から田園調布堰上までの3地点を下流側という。

2000年11月の調査では、クリプトスポリジウムは下流側の多摩川原橋と砧下取水点で0.4~3.6個/20 L検出された。またジアルジアは下流側の3地点すべてから検出され、濃度範囲は7.2~54個/20 Lであった。11年度と比較すると、クリプトスポリジウムが新たに多摩川原橋で検出されるとともに、クリプトスポリジウム、ジアルジアともに検出数が倍増した。

表3 多摩川の糞便汚染指標細菌と原虫類の出現状況(平成12年度)

地点	採水月日	原虫類			糞便汚染指標細菌			
		クリプト		大腸菌群 (MPN/100 mL)	糞便性		糞便性 連鎖球菌 (MPN/100 mL)	ウェルシュ菌 芽胞 (CFU/100 mL)
		スポリジウム (個/20 L)	ジアルジア (個/20 L)		大腸菌群 (MPN/100 mL)	大腸菌 (CFU/100 mL)		
昭和橋	'00 11/ 7	0	0	1,700	230	170	280	5
	'01 1/16	0	3.8	1,100	75	100	100	1
和田橋	'00 11/ 7	0	0	700	33	31	63	3.5
	'01 1/16	0	0.2	330	9	6	5	1
東秋川橋	'00 11/ 7	0	0	3,300	50	25	150	6.5
	'01 1/16	0	0	79	2	5	28	2
羽村堰	'00 11/ 7	0	0	1,300	21	18	120	7.5
	'01 1/16	0	0	330	1	2	5	1
拝島原水補給点	'00 11/14	0	0	2,400	65	52	140	2.5
	'01 1/10	0.2	1	7,900	930	750	2,700	50
多摩川原橋	'00 11/14	3.6	54	7,000	1,800	930	970	360
	'01 1/10	126	300	49,000	24,000	10,000	20,000	4,500
砧下取水点	'00 11/14	0.4	11.2	3,100	260	190	230	150
	'01 1/10	162	280	130,000	37,000	23,000	27,000	4,000
田園調布堰上	'00 11/14	0	7.2	11,000	2,000	560	260	20
	'01 1/10	220	240	49,000	37,000	27,000	41,000	5,200

2001年1月の調査では、検出地点がさらに拡大し、検出数も著しく増加した。クリプトスポリジウムは下流側の3地点に加えて上流側の拝島原水補給点においても、100 L中わずかに1個(0.2個/20 L)であるが検出された。下流側3地点での検出範囲は126~220個/20 Lと極めて高濃度であった。またジアルジアは下流側3地点に加えて上流側の昭和橋、和田橋、拝島原水補給点でも検出され、これら上流側3地点での検出範囲は0.2~3.8個/20 Lであった。下流側の3地点における濃度範囲は240~300個/20 Lにも達した。

最上流地点の昭和橋において、上流側で最も高いジアルジア濃度(3.8個/20 L)が検出されたことは、この周辺が奥多摩町の中心部で人口も集中していることが影響しているものと考えられる。指標細菌についても、羽村堰から上流の3地点の中では昭和橋で最も菌数が多い。この傾向は11年度にも顕著だった³⁾。このことは、昭和橋付近で屎尿廃水を含む何らかの排水が流入していることを疑わせるものである。

多摩川の河川水は、羽村堰地点で水道原水としてそのほとんどが取水される。今回の調査で羽村堰地点では原虫類は検出されておらず、指標細菌類の結果からも羽村地点の水質は良好であったものと推察される。しかし、ここから取水している都水道局の小作浄水場で平成11年度に4回行われた検査では、原水からクリプトスポリジウムが0~6個/10 L(平均2個/10 L)検出されている¹⁴⁾。羽村堰地点の指標細菌や水質データ¹⁴⁾からみて、6個/10 Lのような高濃度のクリプトスポリジウムをもたらすような糞便由来の汚染が常時あるとは考えられない。しかし、1993年に約

40万人のクリプトスポリジウム感染者を出した米国ミルウォーキーでの事件では、水源で突発的な濁度上昇とこれに付随した高濃度汚染があったことが推察されている^{15, 16)}。羽村堰地点は多摩川における東京都の最も重要な取水点であることから、今後の継続的かつ詳細な監視が必要である。

多摩川下流側の3地点における原虫検出数は、2000年11月調査の際には平成11年度とほぼ同様の状況であったが、2001年1月調査時にはクリプトスポリジウム、ジアルジアともに極めて高い濃度が検出された。これまでに報告されているわが国の河川水中の原虫濃度としては、直上流に養豚場排水が流入する1地点を除いた相模川水系でクリプトスポリジウム1~500個/100 L並びにジアルジア1~130個/100 L¹³⁾、大分県内の2河川でクリプトスポリジウム1~78個/10 L並びにジアルジア1~4個/10 L¹⁷⁾、淀川水系でクリプトスポリジウム1~32個/10 L並びにジアルジア1~380個/10 L¹⁸⁾などとなっている。したがって、1月調査時の多摩川での検出数は、クリプトスポリジウムではわが国の水源河川におけるこれまでの最高値であり、ジアルジアについても最高値と同水準であった。

下流側3地点における指標細菌数や、ヒトの糞便による汚染の明確な指標である大腸菌と大腸菌群の比(EC/TC)をみると、11月調査時では平成11年度と大差なかった。しかし1月調査時には全般的に検出菌数が増加し、大腸菌やウェルシュ菌芽胞では11年度の値よりも1桁多かった。またEC/TCは11年度(0.00~0.21)あるいは11月調査時(0.05~0.13)に比べて1月では0.17~0.55と大きくなった。これらのことは、1月調査時には多摩川下流が糞便由来の

汚染をより強く受けていたことを示すものであり、これにより著しく高い原虫濃度となったものと推察される。こうした糞便由来の汚染原因としては流域の下水処理場放流水が考えられ、下水処理水などに原虫類が高濃度に含まれているとの報告例が諸外国から多いことを前報で指摘した³⁾。わが国でも、橋本ら(1997)¹⁹⁾は9箇所の下水処理場の二次処理水18試料中のジアルジアの幾何平均値として24個/Lを報告している。また平松ら(2000)²⁰⁾は2000年3月に多摩川流域の3箇所の下水処理場放流水を調査し、橋本ら(1997)¹⁹⁾の報告に近い70~205個/10Lのジアルジアを検出し、うち1箇所の放流水からはクリプトスポリジウムも5個/10L検出した。平松ら(2000)²⁰⁾はまた同時に下水放流水中の指標細菌を測定しており、その値は本報告の1月調査時のそれに近いレベルだった。このように、多摩川下流地点と下水放流水中の原虫濃度や指標細菌濃度が類似の状況を見せていることから、今年度調査で観察された原虫類の高濃度汚染も、多摩川流域の下水処理場等からの放流水によってもたらされたものと推察される。

多摩川下流の表流水は現在、上水道の原水として取水されていない。しかし、都水道局は調布取水堰から取水する玉川浄水場(現在は工業用水施設)の水源を上水道水源として活用するため、玉川浄水場内で各種の水処理実験を行っている²¹⁾。この場合、下水性汚濁物質に加えて、原虫類を含めた病原微生物への対策も十分考慮した慎重な対応が必要であろう。

3) 東北地方K川水系の浄水場原水及び水源河川水 東北地方のK川水系を水源とする浄水場の原水4試料並びにK川水系の5地点から採取された5試料の結果を表4に示す。なお、表4には参考として平成11年度に実施した原水2試料の結果も合わせて示した。

原水(KM取水場)では2000年11月に初めてクリプトス

ポリジウムが2個/20L検出され、2001年2月にも14個/20Lの濃度で2回検出された。KM取水場で2回目に14個/20Lのクリプトスポリジウムが検出された2月26日には、K川水系の他の5地点の試料でも9~18個/20Lのクリプトスポリジウムが検出された。一方で、ジアルジアはKM取水場の試料では2001年2月6日の試料で8個/20L検出されたが、2月26日の試料には検出されず、同日採水されたK川水系の5試料のうち4試料から1個/20Lが検出されたのみであった。

K川水系ではジアルジアに比べてクリプトスポリジウムの検出数が多かった。大分県内A河川でもクリプトスポリジウムの検出頻度や検出数が多い¹⁷⁾。一方、多摩川は、平成11年度、12年度のデータによればジアルジアが検出頻度、検出数ともに多い傾向にある。淀川水系においても同様である¹⁸⁾。相模川水系ではクリプトスポリジウムとジアルジアはほぼ同程度に検出されている¹³⁾。こうした水系ごとの差はそれぞれの河川での汚染源の違い、あるいは流域内での罹患状況が異なることによると思われる。中西ら(2001)⁸⁾は畜産系の排水の流入の有無によってクリプトスポリジウムとジアルジアの検出量の比が異なることを指摘しており、汚染源の推定の観点から興味深い。

K川水系KM取水場地点では2000年5月まで原虫が検出されなかったが、2000年11月になって初めてクリプトスポリジウムが検出され、さらに2001年2月に多くのクリプトスポリジウムに加えてジアルジアも検出された。こうした状況は平成11年度から12年度にかけての多摩川での原虫の検出状況と類似しており、淀川水系でも2000年7月には少なかったクリプトスポリジウムが2001年1月には検出地点、検出数とも増加していた¹⁸⁾。すなわち、相互に全く独立している関東の多摩川、近畿の淀川水系、東北のK川水系がともに同じ傾向にあったことから、2001年1~2月頃

表4 東北地方K川水系における原虫類と糞便汚染指標細菌の出現状況

地点	採水年月日	原虫類		糞便汚染指標細菌				
		クリプト		大腸菌群 (MPN/100 mL)	糞便性		ウエルシュ菌 芽胞 (CFU/100 mL)	
		スポリジウム (個/20 L)	ジアルジア (個/20 L)		大腸菌群 (MPN/100 mL)	大腸菌 (CFU/100 mL)		糞便性 連鎖球菌 (MPN/100 mL)
KM取水場 (原水)	'99. 5/18	0	0	-	-	-	-	-
	'99. 11/15	0	0	-	-	-	-	-
	'00. 5/31	0	0	-	-	-	-	-
	'00. 11/30	2	0	-	-	-	-	-
	'01. 2/ 6	14	8	-	-	-	-	-
	'01. 2/26	14	0	2,200	80	79	210	60
検出範囲		2~14	8	2,200	80	79	210	60
YT地点	'01. 2/26	14	1	2,400	50	79	60	50
FY地点	'01. 2/26	9	0	1,300	75	79	130	50
ND地点	'01. 2/26	18	1	7,900	120	790	2,000	95
TD地点	'01. 2/26	13	1	3,300	220	460	7,900	90
TS地点	'01. 2/26	11	1	2,400	310	790	770	210
検出範囲		9~18	1	1,300~7,900	50~310	79~790	60~7,900	50~210

に全国的な規模でクリプトスポリジウム感染が広がった可能性を示唆しているのではないかと考えられる。この点はさらに同時期の検出状況を全国的に精査して考察する必要がある。

3. 雑用水

逆浸透膜ろ過処理された下水再生水8試料（各60 L）及びこれを利用した修景用水（親水公園の人工河川）8試料（各60 L）では、すべての試料で原虫類は不検出だった。この結果は従来と同様であり、これらの雑用水の処理及び維持管理において原虫汚染のないことが確認された。

ま と め

平成12年度に採取した水道原水18試料、浄水24試料、河川水21試料並びに雑用水16試料について、原虫類を中心に調査した。

- ・浄水及び雑用水はすべて原虫類不検出だった。
- ・多摩地区及び島嶼の水道原水から原虫類が初めて検出され、指標細菌の分析結果から糞便由来の汚染が進行していることが推察された。
- ・2001年1月の調査で、多摩川上流域から原虫類が初めて検出され、多摩川下流域では、わが国の河川水の値としてはこれまでの最高値の原虫濃度が検出された。また、東北地方の水道水源（K川水系）からも原虫類が初めて検出され、2001年2月に濃度が高かった。
- ・関東の多摩川、近畿の淀川、東北のK川水系で共通して2001年1～2月頃に高い原虫濃度が検出されたことから、同時期に全国的な原虫感染の増加があった可能性が示唆された。

謝辞 多摩地区及び島嶼の水道水等の調査は都衛生局生活環境部環境指導課によって、また多摩川河川水の調査は都環境局環境評価部広域監視課によって採取された試料によるものであり、関係各位に深甚なる謝意を表す。

文 献

- 1) 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.
- 2) 保坂三継:臨床検査増刊号, 43(11), 1337-1344, 1999.
- 3) 保坂三継, 矢野一好, 眞木俊夫:東京衛研年報, 51, 248-252, 2000.
- 4) 保坂三継, 矢野一好, 眞木俊夫, 他:東京衛研年報, 50, 264-268, 1999.
- 5) 平成10年6月19日付け衛水第49号厚生省生活衛生局水道環境部水道整備課長通知の別添.
- 6) Haas, C. N. and Rose, J. B.: *Jour. AWWA.*, 87(9), 81-84, 1995.
- 7) UK Dep. Environ. Trans. Reg., : The Water Supply (Water Quality) (Amendment) Regulations 1999 No.1524
- 8) Haas, C. N., Crockett, C. S., Rose, J. B. *et al.*: *Jour. AWWA.*, 88(9), 131-136, 1996.
- 9) Rose, J. B., Haas, C. N. and Regli, S.: *Am. Jour. Public Health*, 81, 709-713, 1991.
- 10) 田中宏明:病原微生物の感染リスク, 金子光美編, 水質衛生学, 435-468, 1996, 技報堂出版株式会社, 東京.
- 11) Environmental Protection Agency: National Primary Drinking Water Regulation: Interim Enhanced Surface Water Treatment Rule; Final Rule, Federal Register, 63(241), Dec. 16, 1998.
- 12) Hashimoto, A., Hirata, T. and Kunikane, S.: The 10th Health-Related Water Microbiology Symposium, 3-7 July 2000, Paris, France (1/4-4/4).
- 13) 橋本温, 河井健作, 西崎綾, 他:水環境学会誌, 22, 282-287, 1999.
- 14) 東京都水道局水質センター:平成11年度水質年報, 2000, 東京都水道局.
- 15) Mac Kenzie, W. R., Hoxie, N. J., Proctor, M. E. *et al.*: *New England Jour. Med.*, 331(3), 161-167, 1994.
- 16) Fox, K. R. and Lytle, D. A.: *Jour. AWWA.*, 88(9), 87-94, 1996.
- 17) 吉用省三, 牧野芳大, 帆足喜久雄:水道協会雑誌, 69(10), 11-16, 2000.
- 18) 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.
- 19) 橋本温, 平田 強, 土佐光司, 他:水環境学会誌, 20, 404-410, 1997.
- 20) 平松順子, 佐藤誠一, 宮島裕子:平成12年度日本水道協会関東地方支部水質研究発表講演集, 13-15, 2000.
- 21) 東京都水道局:東京水道新世紀構想 STEP 21 (概要版), 平成9年5月
東京都水道局玉川水処理実験施設(パンフレット), 平成12年.