

【別添 1】

クリプトスポリジウム(*Cryptosporidium parvum*)の生物学的性状等について

1. クリプトスポリジウムの生物学的性状等

(1) 分類

胞子虫類のкокシジウム目に属する寄生性原虫。クリプトスポリジウムは多くの種が知られており、80 種以上の哺乳動物で感染が報告されている。また、鳥類や爬虫類でも寄生が見られている。このうちヒトが感染するのは主に *C. parvum* (オーシストの大きさ: $4.5 \sim 5.4 \times 4.2 \sim 5.0 \mu\text{m}$) で、牛などの家畜では幼若獣で検出されることが多い。近年の遺伝子解析技術の発達により、*C. meleagridis* など、*C. parvum* 以外の種類もヒトに感染することがわかってきた。ただし、形態学的に非常に似ており、これらの区別は困難である。なお、免疫不全状態にある患者ではさらに多くの種類のクリプトスポリジウムに感染する可能性があるものと考えられる。

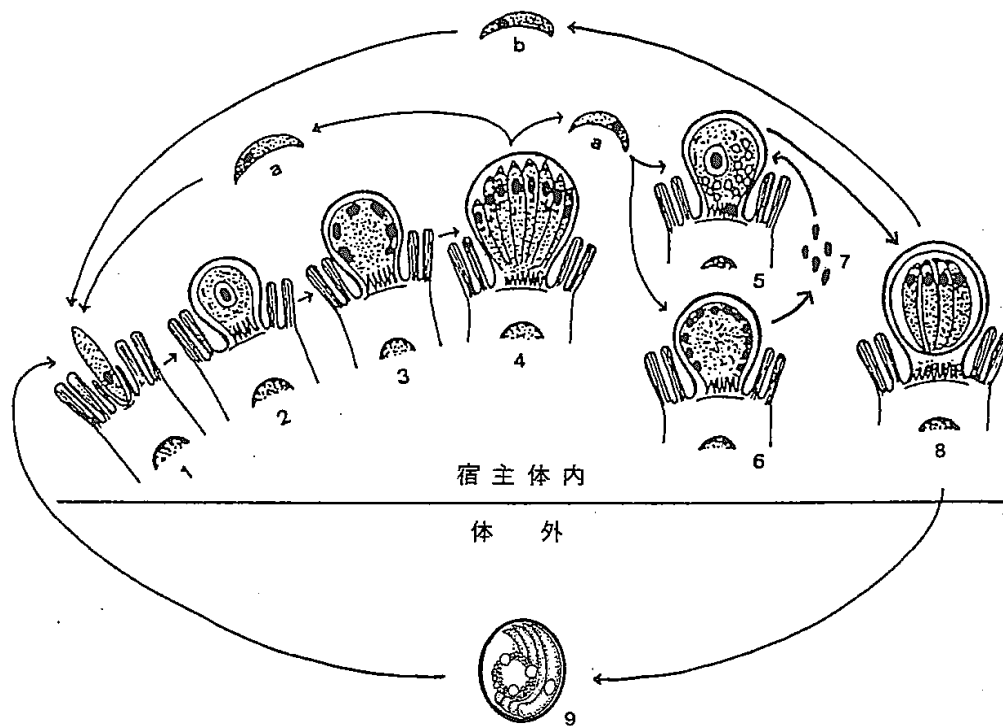
(2) 動物等の体内での増殖¹⁾

クリプトスポリジウムの発育環を図に示す。

宿主(ヒトやウシなど)の外、つまり環境中では、クリプトスポリジウムはオーシストの形で存在しており、増殖することはない。

オーシストが哺乳動物に経口的に摂取されると、消化管内でスポロゾイトが遊離して粘膜上皮細胞の微絨毛に侵入し、微絨毛内に形成された寄生胞内で無性生殖を行って、8 個のバナナ状をしたメロゾイトを形成する。寄生胞から遊離したメロゾイトは再び他の微絨毛に侵入して発育を繰り返す。メロゾイトの一部は有性生殖に移行し、雌性生殖細胞と雄性生殖細胞になり、受精してオーシストになる。オーシストは寄生胞内で成熟して、内部に 4 個のスポロゾイトが形成される。

成熟したオーシストが糞便とともに体外に排出されて、新たな個体への感染源となるが、一部は消化管内でスポロゾイトを放出して自家感染を起こす。



- 1～4：無性生殖の過程
 1．スポロゾイトまたはメロゾイトが腸粘膜上皮細胞の微絨毛に侵入 2．栄養型 3．シゾン
 4．メロゾイト8個を有する成熟シゾン
 5～7：有性生殖の過程
 5．雌性生殖母体 6．雄性生殖母体 7．遊出した雄性生殖体 8．成熟オーシスト
 9．糞便に排出されたオーシスト
 a．成熟シゾンから遊離したメロゾイト b．成熟オーシストから遊離したスポロゾイト

図 クリプトスポリジウムの発育環

(3) 感染症¹⁻⁵⁾

感染源

ウシ、ウマ、ブタなどの家畜、イヌ、ネコ、ネズミなど(哺乳動物)が保虫宿主であるほか、オーシストを排出する患者が感染源となる。

伝播様式

飲食物や手指を介してオーシストを経口摂取することにより感染する。

米国でのボランティアによる感染実験から、飲んだヒトの半数が感染するオーシスト数(ID₅₀)は132個と計算されている。最近になって分離株による病原性の違いが示され、株によっては9個程度のオーシストでも発症するとの報告がある。

潜伏期

4～5日ないし10日程度と考えられている。

症状

感染すると、腹痛を伴う水様下痢が3日～1週間程度持続し、嘔吐や発熱を伴うこともある。

感染しても症状が出ない場合もあるが、いずれの場合も、感染者の糞便からは、数週間オーシストの排出が続く。

現時点では本症の特異療法は開発されておらず、免疫不全者では重症、難治性の下痢症となり、長期化すると致死的となる。一方、健常者では免疫機構の働きによりやがて自然治癒する。

伝染期間

感染した人間や動物の糞便とともにオーシストが排出される期間、すなわち、発症から症状消失後数週間に及ぶ。さらに、自然界に放出されたオーシストは湿環境下では2～6か月間は不活化せず感染性を保持するといわれている。

ただし冷凍や乾燥には弱く、-20度以下で30分、常温・乾燥状態で1～4日で感染力を失う。

国外での感染率

アフリカ、中南米では、クリプトスポリジウムの感染率が10%を超える国もあり、相互の渡航者が増加すれば日本での感染症発生が増加するおそれがある。

(4) 水道原水等での存在状況

水道水源

a) 日本における調査例

日本での水道水源における調査例(厚生省調べ⁶⁾)を表-1に示す。

調査対象は表流水(ダム及び湖沼を含む。)及び伏流水からなる全国94水源水域、277地点(1水源水域につき3地点程度)で、試験水量は5L(一部の試料については10L)である。クリプトスポリジウムオーシストが検出されたのは、秋田、山形、栃木、群馬、熊本、沖縄の6県の計6水源水域8地点(陽性率2.9%)で、そのオーシスト濃度は2～4個/10Lであった。ただし、この調査時点では検査技術にまだ不慣れであったため、陽性率が低く算定された可能性がある。

また、神奈川県衛生研究所の行った表流水、地下水、伏流水等の水道水源25地点での調査では、表流水11地点のうち4地点(36.4%)からオーシストが検出されており、その濃度は1～30個/50Lと報告されている。⁷⁾

兵庫県衛生研究所が免疫磁気ビーズ法を用いて1998年と1999年に実施した兵庫県内の18河川、156地点の調査では、13河川(72%)の74地点(47%)からオーシストが検出されており、濃度は5～40個/100Lと報告されている。⁸⁾

b) 国外における調査例

国外における水道水源での調査例を表-2に示す。

米国及び加国での調査⁹⁻¹²⁾によると、水道水源では、クリプトスポリジウムオーシストが陽性率51.5～100%で検出され、その平均濃度は0.31～4.8個/Lであった。

英国¹³⁾においては、40.5%の陽性率で水道水源からクリプトスポリジウムオーシストを検出しており、そのオーシスト濃度は0.006～2.3個/Lであった。

表 - 1 水道水源水域におけるクリプトスポリジウム及びジアルジアの検出状況調査

都道府県	水 源	水道水源水域	A浄水場取水地点		B取水地点0.3~24km上流		C取水地点1.1~49km上流	
			クリプト スポリジウム	ジアルジア	クリプト スポリジウム	ジアルジア	クリプト スポリジウム	ジアルジア
青森県	表流水	馬淵川		2		4		
岩手県	表流水	北上川		2				
秋田県	表流水	雄物川		2	2	2		
山形県	表流水	最上川			4			
福島県	表流水	阿賀川				2		
栃木県	ダム放流・表流水	鬼怒川					2	
群馬県	表流水	烏川	2	4	4	6		
東京都	伏流水	多摩川		2				4
新潟県	表流水	阿賀野川				1		
島根県	伏流水	飯梨川				2		
島根県	ダム直接	忌部川				3		
岡山県	表流水	高梁川						2
広島県	ダム直接	黒瀬川		1		1		1
佐賀県	伏流水	玉島川				2		
長崎県	ダム直接	大井手川		2				2 3
熊本県	伏流水	水俣川			2			
大分県	表流水	大分川						2
鹿児島県	表流水	万之瀬川		2				
沖縄県	表流水	天願川	1	8	2	1 4		

各水源水域について3点（取水地点A及び取水地点の上流2地点B，C）において採水
 数字は検出個数（個/10L）。空欄は「0個/10L」を意味する。

表 - 2 国外における水道水源からのクリプトスポリジウムの存在状況調査

	水源	検体数 (n)	陽性率 (%)	オーシスト濃度 (個/L)	幾何平均濃度 (個/L)	参考文献
米国及び加国	河川	85	87	0.07 ~ 484	2.70	
米国	河川	10	100	0.82 ~ 71.9	4.8	
米国	河川	10	70	0.42 ~ 5.1	2.5	
米国	ダム湖	10	70	0.77 ~ 8.7	2.5	
英国	-	84	40.5	0.006 ~ 2.3	-	
米国及び加国	-	262	51.5	0.065 ~ 65.1	2.4	
米国	河川	-	63	0.00 ~ 22.3	0.31	
加国	河川	-	63	0.00 ~ 14.7	0.58	

[参考文献]

M.W.LeChevallier, W.D.Norton, and R.G.Lee (1991) : Occurrence of *Giardia* and *Cryptosporidium* spp. in Surface Water Supplies. Appl. Environ. Microbiol., 57(9),2610-2616

M.W.LeChevallier, W.D.Norton (1992) : Examining Relationships Between Particle Counts and *Giardia* and *Cryptosporidium*, and Turbidity. Jour.AWWA, 84(12), 54-60

H.V.Smith, A.M.Grimason, C.Benton and J.F.W.Parker (1991) : The Occurrence of *Cryptosporidium* spp. in Scottish Waters, and the Development of a Fluorogenic Viability Assay for Individual *Cryptosporidium* spp. Oocysts. Wat.Sci.Tech.,24(2), 169-172.

M.W.LeChevallier, W.D.Norton (1995) : Giardia and Cryptosporidium in raw and finished water. Jour.AWWA, 87(9), 54-68

S.States, K.Stadterman, L.Ammon, P.Vogel, J.Baldizar, D.Wright, L.Conley, and J.Sykora (1997) : Protozoa in river Water: sources, occurrence, and treatment. Jour.AWWA, 89(9),74-83

下水、環境水等

a) 日本における調査

下水処理場におけるクリプトスポリジウム実態調査結果(建設省調べ¹⁴⁾)によると、全国67カ所の下水処理場の流入下水73試料のうち9.6%に当たる7試料からオーシストが検出されており、濃度は8~50個/Lであった(検出限界3~33個/Lでの調査)。

なお、平田ら¹⁵⁾は、相模川水系の表流水6試料のうち4試料(陽性率66.7%)からクリプトスポリジウムオーシストを検出、濃度は3~4,500個/100Lと報告している。

b) 米国における調査¹⁶⁻¹⁸⁾

米国での調査結果のほとんどで、生下水及び処理水からオーシストが検出されている。1L中のオーシストの存在量は、生下水で $10^2 \sim 10^4$ 個、活性汚泥処理後、塩素消毒を行ったものも含め(2次処理水で) $10^1 \sim 10^3$ 個、更に砂ろ過を行った処理水では10分の1程度に減少する。また、生下水からの除去率を測定すると、2次処理で96.6%、砂ろ過まで実施すると99.9%との報告がある。

また、米国及び英国での調査例を表-3及び表-4に示す。

表 - 3 北アメリカにおける表流水及び地下水中でのクリプトスポリジウムの存在状況調査²³⁾

水 源	水 系	検体 (n)	平均 (%) 陽性	オーシスト濃度 分類 (個 / L)	幾何平均濃度 (個 / L)	参考 文献
表流水	小川 / 河川	6	100	0.80-5800	1920 [†]	
表流水	小川	19	73.7	0-240	1.09	
表流水	小川 / 河川	58	77.6	0.04-18	0.94	
表流水	小川 / 河川	38	73.7	<0.001-44	0.66	
表流水	河川 *	11	100	2-112	25 ^{††}	
表流水	河川 / 湖	85	87.1	0.07-184	2.70	
表流水	河川	22	31.8	0.01-75.7	0.58	
表流水	河川 / 湖	18	NA	7.1-28.5	17.8	
表流水	湖	20	70.7	0-22	0.58	
表流水	湖 / 貯水池	32	75.0	1.1-8.9	0.91	
表流水	湖	24	58.3	<0.001-3.8	1.03	
表流水	湖	44	27.3	0.11-251.7	4.74	
表流水	清浄な河川	3	NA	NA	0.08	
表流水	清浄な河川	59	32.3	NA	0.29	
表流水	清浄な湖	34	52.9	NA	0.093	
表流水	清浄な温泉	7	28.6	<0.003-0.13	0.04	
表流水	清浄な湖	11	9.1	0-0.003	0.003	
地下水	井戸	18	5.6	NA	0.003 [§]	

注 NA ; 不明

* ; 生活排水及び / 又は農業排水の影響が大きい水源

÷ ; 平均値

÷ ÷ ; 回収率を用いて修正したデータ

§ ; 1 検体だけのデータ

< 参考文献 >

Roach P., et.al.; J.Parasitol 1987;73;702

Rose JB., et.al.; Advances in Giardia Research, Calgary Canada: University of Calgary Press 1988

Ongerth JE., et.al.; Appl Environ Microbiol, 1987;53;672

LeChevallier MW., et.al.; Appl Environ Microbiol, 1991;57;2610

Rose JB., et.al.; Proc Int Conf Water Wastewater Microbiol, Newport Beach, CA. 1988;2;43.1

The National *Cryptosporidium* Survey Group; J Int Water Engng Mgmt 1992;6;697

Smith H., et.al.; Wat Sci Technol 1991;24;169

Madore MS., et.al.; J Parasitol 1987;72;702

Rose JB., et.al.; Environ Sci Technol 1991;25;1393

表 - 4 英国における表流水及び地下水中でのクリプトスポリジウムの存在状況調査²³⁾

水 源	水 系	影 響	採取 場所 (n)	検 体 (n)	陽 性 (%)	オーシスト濃度 分類 (個 / L)	幾何平均濃度 (個 / L)	参考 文献
表流水	河川	農家による流出	2	375	4.5	0.07-4.00	0.95	
表流水	河川	農家による流出	4	691	55.2	0.04-3.00	0.38	
表流水	河川	下水流出						
表流水	河川	農家による流出	4	430	4.4	0.07-2.75	0.50	
表流水	河川	下水流出						
表流水	小川/湖	NA	NA	84	40.5	0.06-2.3	NA	
地下水	井戸	深井戸	3	120	0	-	-	
地下水	井戸	大腸菌汚染の経歴	3	138	5.8	0.04-0.922	0.23	

注 NA ; 不明

<参考文献>

Department of Environment and Health; HMSO 1990

LeChevallier MW., et.al.; Appl Environ Microbiol, 1991;57;2617

米国での調査によると¹⁶⁾、人為汚染のない、あるいは非常に少ないと考えられる泉水や地下水からも検出されており、泉水で平均 0.04 個/L、地下水で平均 0.003 個/L であった。これは、クリプトスポリジウムが人獣共通感染症の病原体であることから、野生動物が感染しているためと考えられている。

(5) オーシストの存在量と相関のある指標

米国で実施された、表流水中のクリプトスポリジウムのオーシストの指標に関する調査では、糞便性連鎖球菌と有意な相関が見られたこと、ただし、その関係は流況により異なることが報告されている¹⁹⁾。

また、日本で行われた水道水源等の環境水調査で、クリプトスポリジウムのオーシストやジアルジアのシスト濃度と、大腸菌、大腸菌群、嫌気性芽胞菌(ウェルシュ菌芽胞)等の濃度との間に有意な相関関係が認められているほか(厚生省⁶⁾、平田²⁰⁾)、嫌気性芽胞菌については、水環境における生残性が著しく高く、原虫のシストやオーシストの代替指標として利用可能であることが示唆されている²¹⁾。また、水処理における除去性に関しては、下水中のジアルジアシスト濃度と大腸菌、大腸菌群及び嫌気性芽胞菌の濃度との間に良好な相関があり、そのうち嫌気性芽胞菌が最もよい相関を示したとの報告²²⁾や、浄水処理におけるシストの除去性評価に嫌気性芽胞菌が有効との報告がある²³⁾。

糞便性連鎖球菌；温血動物の糞便に特異的に存在する。また、糞便性大腸菌より長期間生残り、消毒剤に対して大腸菌よりも耐性があることが知られている。

嫌気性芽胞菌；芽胞形成能のある嫌気性細菌のうち、芽胞の状態が存在していて、嫌気的条件下で集落を形成する亜硫酸塩還元性のクロストリジウム属の細菌を

いう。好気性芽胞菌と同様、水道で用いられる塩素濃度の消毒レベルでは不活化されないものが多い。また、栄養要求性が高いため、環境中での増殖性がなく、保存性のある微生物トレーサーとして有効と考えられている。

2. クリプトスポリジウム感染症の発生例

(1) ウシ、ブタ、ニワトリ、イヌ、ネコ、ネズミにおける感染状況

(a) ウシ、ブタ

国内のウシにおける *C. parvum* 感染は全国的にみられ、発症例は1カ月齢以下の子ウシが大半で死亡例も少なくない。子ウシのオーシスト排出期間は1～2週間で、感染極期には糞便1gあたり数百万～数千万個が排出される。成牛では *C. parvum* 感染は稀で、検出されるのは *C. muris* が大半を占める。ブタには *C. parvum* 感染がみられる。報告された陽性率は検査対象動物の齢、症状の有無、検査方法などによって異なるが、これまでの調査結果を表5にまとめた。

表5 国内のウシおよびブタにおけるクリプトスポリジウム感染状況

地 域	検査対象	陽性頭数 / 検査頭数 (陽性率 %)	文 献
(ウ シ)			
北海道	新生子ウシ	41 / 89 (46.1)	清水ら：北海道獣医学会誌, 34 : 184 (1990)
北海道	3週齢	26 / 140 (18.6)	高橋：動物の原虫病, 6 : 55 (1994)
宮 城	2～90日齢 (和牛)	4 / 90 (5.6)	佐藤ら：家畜診療, 285 : 17 (1987)
宮 城	成牛	8 / 217 (3.7) ¹	中井ら：寄生虫誌, 45(増) : 126 (1996)
千葉・埼玉	2～8週齢 (ホルスタイン)	11 / 121 (9.1)	Miyaji et al : Jpn J Vet Sci, 52 : 435 (1990)
兵 庫	1カ月齢未満 (ホルスタイン)	28 / 30 (93.3) ²	Uga et al : Vet Parasitol, 94 : 27 (2000)
岡 山	1カ月齢未満 (乳用牛)	41 / 66 (62.1)	板倉ら：日獣会誌, 38 : 496 (1985), 藤原ら：動物の原虫病, 6 : 38 (1994)
岡 山	保育牛	23 / 70 (32.9)	福原ら：日獣会誌, 45 : 574 (1992)
全 国	1カ月齢未満	68 / 2,565 (2.7)	農水省畜産局：家畜衛生週報, 2480 (1997)
	1カ月齢以上	39 / 2,437 (1.6)	
(ブ タ)			
全 国	2カ月齢未満	18 / 1,449 (1.2)	農水省畜産局：家畜衛生週報, 2480 (1997)
	2カ月齢以上	9 / 1,000 (0.9)	
神奈川	1～3ヶ月齢	77 / 232(33.2)	Izumiyama et al : Jpn J Infect Dis, 54:23(2001)
	6ヶ月齢	1 / 252(0.4)	

1 すべて *C. muris*, 2 30頭の子ウシについて生後すぐから30日齢まで連続検査した累積

(b) ニワトリ

国内のニワトリには *C. baileyi* タイプや *C. meleagridis* タイプの感染が全国的にみられる。調査結果を表6にまとめた。

表6 国内のニワトリにおけるクリプトスポリジウム感染状況

地 域	検査対象	陽性頭数 / 検査頭数 (陽性率 %)	文 献
千 葉	採卵鶏	10 / 200 (5.0)	岩淵ら：日獣会誌，45：317 (1992)
鳥 取	採卵鶏	25 / 68 (36.8)	Itakura et al：Abian Patol, 13：487 (1984)
	ブロイラー	4 / 12 (33.3)	
福岡・佐賀・熊本	肉用・採卵	7 / 17 (41.2)	西川ら：日獣医師会誌，37：667 (1984)
長 崎	肉用・採卵	30 / 65 (46.2)	福田ら：鶏病研報，23：26 (1987)
鹿児島	肉用鶏	9 / 17 (52.9)	横峯ら：臨床獣医，10：27 (1988)

(c) イヌ、ネコ、ネズミ

国内のイヌ、ネコ、ネズミには *C. parvum* タイプの感染がみられる。ネズミでは稀に *C. muris* の感染も見られ、これは実験的にはイヌやネコにも感染する。調査結果を表7にまとめた。

表7 国内のイヌ、ネコ、ネズミにおけるクリプトスポリジウム感染状況

地 域	陽性頭数 / 検査頭 (陽性率 %)	文 献
(イヌ)		
東京・神奈川	1 / 295 (0.3)	浅野ら：日獣医師会誌，43：285 (1990)
兵 庫	3 / 217 (1.4)	Uga et al：Jpn J Parasitol, 38：139 (1989)
大 阪	4 / 48 (8.3)	阿倍ら：第70回日本寄生虫学会，(2001)
(ネコ)		
東京・神奈川	1 / 32 (3.1)	浅野ら：日獣医師会誌，43：285 (1990)
東 京	23 / 608 (3.8)	舟越ら：東京衛生局会誌，84：62 (1989)
兵 庫	20 / 507 (3.9)	Uga et al：Jpn J Parasitol, 38：139 (1989)
(ドブネズミ)		
東京・千葉	10 / 47 (21.3)	Miyaji et al：Jpn J Parasitol, 38：368 (1989)
東 京	1 / 48 (2.1)	Yamaura et al：Jpn J Parasitol, 39：439 (1990)
大 阪	9 / 61 (14.8) ¹	Iseki：Jpn J Parasitol, 35：521 (1986)
大 阪	5 / 55 (9.1)	宮下ら：寄生虫誌，39：112 (1990)
(クマネズミ)		
東京・千葉	83 / 171 (48.5)	Miyaji et al：Jpn J Parasitol, 38：368 (1989)
東 京	31 / 175 (17.7)	Yamaura et al：Jpn J Parasitol, 39：439 (1990)
大 阪	2 / 18 (11.1)	宮下ら：寄生虫誌，39：112 (1990)

1 9頭中3頭は *C. muris*

2) 水道水中のクリプトスポリジウムによる感染例

国外での事例^{2,4)}

a) 米国ウィスコンシン州ミルウォーキー

発生；1993年3月～4月

感染者等

160万人が暴露し、40.3万人(25.1%)が発症^{2,4)}し、多数の死亡者が発生したとの報告がある。

便の検査

南ミルウォーキー在住の患者の便からクリプトスポリジウムのオーシストを検出。

浄水処理の状況

通常は、塩素消毒、ポリ塩化アルミニウム(以下、「PAC」という。)による凝集沈殿、急速砂ろ過を行い、ろ過池の逆洗水は浄水工程に循環。

発生当時、南処理場では濁度が0.25から1.71NTUに上昇し、4月9日には処理を一時停止。北処理場では濁度は0.45NTUを超過していない。

水源の状況

ミシガン湖から取水する南浄水場の原水に影響する2つの河川の上流には、屠殺場、下水処理場、牛の放牧場がある。3月末には大雨と雪解け水で河川流量が増大した。

b) 英国 Swindon-Oxfordshire

発生；1989年1月

感染者数

741,092人が暴露し、516人(0.06%)が発症。

検便・水質の検査等

1986年から便についてクリプトスポリジウムの検査を開始。月平均4～5の症例があったが、1988年12月と翌年1月には月36症例に増加。4月になって患者数は平常に戻った(水道水からオーシストは検出されなくなった)。

浄水場のろ過池の逆洗水から、10,000個/Lのオーシストを検出。また、給水栓水のサンプルの34%から0.002～24個/Lのオーシストを検出。

浄水処理の状況

通常は貯留、スクリーニング、PACによる凝集沈殿、急速砂ろ過、塩素消毒を行い、ろ過池の逆洗水は浄水工程に循環。

水源の状況

取水口上流の大雨で牛と羊の放牧場からの排水が流出したこと、ろ過池への負荷が増加したこと、逆洗水の利用によりろ層上に蓄積したオーシストが浄水に混入したことが想定される。なお、浄水場の管理記録には技術・機器上の異常はみられない。

水道利用者への対応

飲用指導(2歳以下の幼児及び免疫不全者に対し煮沸して飲用するよう指示)を行うとともに、浄水場ではろ過池の清掃、逆洗水の排水、沈砂池の沈殿物の除去を実施。

c) 英国 Isle of Thurne area

発生 ; 1990 年 11 月 ~ 12 月

感染者数

177,300 人が暴露し、47 人が発症。月平均 3 名の感染者数が、1989 年 12 月から翌年 1 月には 28 名に増加。

浄水処理の状況

通常は硫酸バンドによる凝集沈殿、急速砂ろ過、活性炭、塩素消毒、脱塩素を実施。発生前の 11 月 26 ~ 30 日には雨の影響で流量が増加 ($3.4\text{m}^3/\text{s}$ ~ $6.9 \sim 15.0\text{m}^3/\text{s}$)。この間、濁度が通常の $<1.0\text{NTU}$ から 2.0NTU に上昇し、30 日まで 1.0NTU を越える状況が続いた。1990 年 12 月末に供給停止。

水源の状況

水源には羊の放牧場があるが、雨による原水濁度の増加と水源からのオーシストの流出 (wash-out) があり、一方浄水場では凝集処理が適切でなかったことが重なった。

d) 米国のその他の感染症例より

米国で発生した 3 つの感染症例 (1987 年ジョージア州 Carrollton、1992 年オレゴン州 Jackson County、1993 年ウィスコンシン州 Milwaukee) について、その共通点の例は次のとおり。

取水口の近傍に高濃度でオーシストを排出する施設等が存在し、これらの施設には排水の調整池等がないため表流水への流出が一挙に起こった。

大雨や雪解けなどによって、ウシ等の糞便や人間の便等の高濃度でクリプトスポリジウムを含む排水が洗い出され、取水口の上流に流入した。

浄水場での濁度計の使用が適切でなく (設置や維持管理方法が不適切、電源が切られたり測定値が無視されている)、フロック形成池、薬液注入器、ろ過池等の浄水設備の運転も適切でなかった。

浄水場の技術者が、原水の濁度の悪化に応じた浄水操作ができなかった。

濁度の急激な上昇時に最適条件で処理を行わず、浄水の濁度が上昇した。

国内での感染例

a) 神奈川県平塚市の雑居ビル²⁵⁾

発生 ; 1994 年 (平成 6 年) 8 月

感染者数

763 人のビル関係者のうち、461 人が感染。症状は粘液性及び水様性下痢 (96.7%)、腹痛 (61.6%)、発熱 (54.2%) 等。

検便及び水質検査

25 検体の患者便のうち、12 検体 (48.0%) からクリプトスポリジウムのオーシストを検出。また、受水槽、汚水槽、雑排水槽から採水した検水のいずれからもオーシストを検出。

原因

下痢症の集団発生時、排水ポンプの故障によって、汚水及び雑排水が受水槽に混入していたことを確認。

対応

受水槽を交換するとともに、ビル内の給水管、受水槽、高置水槽を 200ppm の塩素液で 2 時間以上、洗浄・消毒が行われた。

b) 埼玉県越生町²⁶⁾

発生；1996 年（平成 8 年）6 月

感染者数

6 月初め、下痢、腹痛の患者が発生。7 月に全町民約 13,800 人を対象に罹患状況調査を実施し、集計の結果、5 月中旬以降に下痢等の症状があった住民は、回答者 12,345 人中 8,812 人で全体の 71.4%であった。

下痢及び腹痛のため仕事や学校を休んだ住民は 2,878 人で発症者の 32.7%、医療機関受診者は 2,856 人 32.4%であり、このうち入院者は 24 人で医療機関受診者の 0.8%であった。

検出

34 検体の患者便のうち、22 検体（64.7%）からクリプトスポリジウムのオーシストを検出（6 月 18 日）。

町の浄水場の水道原水及び給水栓水からオーシストを検出。一方、県営水道用水供給事業からの供給水（県水）からは不検出（6 月 25 日）。

浄水処理等の状況

通常、越生町への給水の約 25%は県水から受水し、残りを大満浄水場から給水していた。

大満浄水場は、麦原川の表流水及び越辺川上流の湧水の混合水を原水とする系統と、越辺川の伏流水（川底の集水渠）を原水とする系統の 2 つがある。

処理方法は、いずれも凝集沈殿、急速砂ろ過であるが、後者の系統は P A C の常時注入は行っておらず、目視で確認した原水の状態及び自動測定によるろ過水の濁度によって P A C の注入を判断していた。注入量は原水濁度に応じて注入機目盛で調整しており、正確な注入率は不明。

感染症発生当時、県水を 100%受水している他の町では感染症は発生していなかったことから、県水の受水量を増やし、県水からクリプトスポリジウムが検出されなかったことが確認されたため、県水の受水を 100%にし、町の浄水処理を停止した（6 月 27 日）。なお、町の水道は、凝集処理を徹底しろ過水濁度を 0.1 度以下に維持した結果、6 月 27 日時点で、クリプトスポリジウムは検出されなかった。

小中学生の欠席状況は 6 月 11 日の 210 人を最高としたが、7 月 2 日にほぼ通常（16 人）に減少し、7 月 8 日、15 日及び 19 日に行った小学校の受水槽等の水質検査の結果、いずれもクリプトスポリジウムは検出されなかったことから、7 月 19 日に煮沸飲用の指導を解き、越生町の水道水の「安全宣言」を行った。

なお、越生町では、抜本的な対策として大満浄水場に膜ろ過処理施設を導入し、平成 10 年 5 月 1 日より給水を行っている。

水源の状況

大満浄水場の伏流水取水地点の上流域には、し尿浄化槽とともに 2 か所の農業集落排水処理施設が稼働しており、越辺川に流入するこれらの施設の処理水と越生町の水道水の間において、感染者の便を介してクリプトスポリジウムの循環増殖系を形成してしまったため、汚染が拡大したものと推察される。

また、クリプトスポリジウムの水質検査を開始した6月19日には、既に越辺川、下水処理施設の処理水及び越生町水道水からクリプトスポリジウムが検出されており、検査の箇所別に特異的な検出状況が把握できなかったこと、7月初旬から疫学調査を実施したが原因を断定できなかったことから、水質検査及び疫学調査による第一原因の特定は不可能であった。

3. 浄水場における除去率等について

(1) 処理水質の指標について

パイロットプラント及び実プラントでの、凝集剤に硫酸バンドを用いた処理実験によると、浄水中のクリプトスポリジウムの存在量と最も相関が高かった指標は、径が4~7 μ mの粒子の濃度であり、濁度はこれに次ぐ相関があると報告されている²⁷⁾。米国水道協会では、水道水中のクリプトスポリジウムによる感染症の発生を最小限におさえるため、ろ過水の濁度を0.1NTU以下に維持するよう提言している²⁸⁾。

NTU : Nephelometric turbidity unit ; 杓苺濁度標準液(杓苺ポリマー)を用いて、散乱光測定法により測定した濁度。0.1NTU = 約0.07度

(2) 各処理方法別の除去率又は不活化率

膜ろ過法²⁹⁾

細孔径が除去の有効性を左右する重要な要素。精密ろ過膜の細孔は最大径が原虫より1ケタ小さく、限外ろ過膜の細孔はさらに1ケタかそれ以上小さいため、いずれもオーシストの除去には有効。

緩速ろ過法

クリプトスポリジウムについて、99.99%の除去が可能とする報告がある²⁴⁾。ただし、かき取り後など、ろ過機能が発現していないと十分除去できないおそれがある。

急速ろ過法¹¹⁾

凝集沈殿・急速砂ろ過・塩素消毒の処理を行った場合、クリプトスポリジウムのオーシスト及びジアルジアのシストについて99~99.7%の除去率という報告がある。

不活化効果

a) 塩素

クリプトスポリジウムのオーシストを99%不活化するのに必要な遊離塩素のCT値(遊離塩素濃度(mg/L)と処理時間(分)の積)は7,000 mg min/Lにも達するとされていた³⁰⁾ことから、遊離塩素濃度80mg/Lで約90分間の処理時間が必要となり、一般の浄水場で実施されている遊離塩素による消毒方法では不活化できないとされてきた。最近になって99%不活化CT値が1,600 mg min/L (pH 7.0, 20)との知見が得られ、ある程度の不活化が生じることが明らかにされた³¹⁾が、それでも遊離塩素濃度1 mg/Lで1,600分(約27時間)もの処理時間を要するので、塩素消毒では十分な消毒効果は期待できない。

b) オゾン

オゾンは遊離塩素に比べクリプトスポリジウムの不活化に有効である。99%不活化CT値は2~3 mg min/L(20)程度であり^{32~34)}、20 以上であれば残留オゾン濃度1 mg/Lに2~3分間接触させることにより、オーシストを99%程度不活化できる。しかし、温度依存性が高く、0 付近では同じ99%不活化を達成するのに30~40 mg min/LものCT値が必要となる³⁴⁾。

c) 紫外線

紫外線もクリプトスポリジウムには有効でないと言われていたが、近年、マウス感染性で評価すると紫外線(波長 254nm 付近)に対して非常に感受性が高いことが明らかにされた³⁵⁻³⁷⁾。それによると、99%不活化に必要な照射線量は 1~2 mW s/cm² 程度である。また、紫外線は、化学消毒剤と異なり、不活化効果は温度の影響をほとんど受けないとされている³⁷⁾。

[参考文献]

- 1) 井関基弘：クリプトスポリジウム症、臨床と微生物、Vol.20、No.6、p.21-26 (1993)
- 2) (財) 日本公衆衛生協会、伝染病予防必携、p.82-83
- 3) H.L.Dupont, et.al.; The infectivity of *Cryptosporidium parvum* in health volunteers, New Eng. Jour. Med. 322(13), pp.855-859 (1995)
- 4) B.C.Anderson; Effect of drying on the infectivity of Cryptosporidia-laden calf feces for 3 and 7 day old mice, Am. Jour. Vet. Res. 47, pp. 2272-2273 (1995)
- 5) Okhuysen PC, Chappell CL, Crabb JH, Sterling CR, DuPont HL, 1999. Virulence of three distinct *Cryptosporidium parvum* isolates for healthy adults. Infect Dis, 180(4):1275-81
- 6) クリプトスポリジウム等の水道水源における動態に関する研究報告書、厚生科学研究(1997)
- 7) 神奈川県衛生部報道発表資料、クリプトスポリジウムに係る水道原水調査の結果について(1997.7.2)
- 8) 兵庫県健康福祉部、兵庫県におけるクリプトスポリジウム汚染実態調査報告書(2000.3)
- 9) M.W.LeChevallier, W.D.Norton and R.G.Lee (1991) ; Occurrence of *Giardia* and *Cryptosporidium* spp. in Surface Water Supplies. Appl. Environ. Microbiol., 57(9), 2610-2616
- 10) M.W.LeChevallier, W.D.Norton (1992) ; Examining Relationships Between Particle Counts and *Giardia* and *Cryptosporidium*, and Turbidity. Jour.AWWA, 84(12), 54-60
- 11) M.W.LeChevallier and W.D.Norton,(1995) ; *Giardia* and *Cryptosporidium* in raw and finished water, Jour.AWWA, 87(9), 54-68
- 12) S.States, K.Stadterman, L.Ammon, P.Vogel, J.Baldizar, D.Wright, L.Conley and J.Sykora,(1997); Protozoa in river Water : sources, occurrence, and treatment. Jour.AWWA, 89(9), 74-83
- 13) H.V.Smith, A.M.Grimason, C.Benton and J.F.W.Parker,(1991); The Occurrence of *Cryptosporidium* spp. in Scottish Waters, and the Development of a Fluorogenic Viability Assay for Individual *Cryptosporidium* spp. Oocysts. Wat. Sci. Tech., 24(2), 169-172
- 14) 鈴木穰；クリプトスポリジウムと下水道、特集・水のクリプトスポリジウム汚染と対策、環境技術研究協会(1997.9)
- 15) 橋本温、平田強；相模川水系におけるクリプトスポリジウムおよびジアルジアの汚染レベル、水環境学会誌、第21巻、第2号、119-122(1998)
- 16) 平田強、橋本温、保坂三継；クリプトスポリジウム汚染と水道、水道協会雑誌、Vol.64、No.12p.2-10(1995)
- 17) (社) 水環境学会、水中の健康関連微生物シンポジウム講演集、p.152-173 (1995)
- 18) J.B.Rose; Occurrence and significance of *Cryptosporidium* in water, Jour. AWWA 80(2), pp.53-58 (1988)
- 19) P.P.Schuler, M.M.Ghosh and B.N.Boutros; Comparing the Removal of *Giardia* and *Cryptosporidium* using Slow and Diatomaceous Earth Filtration, 1988 AWWA Ann. Conf., Orlando, Fla.
- 20) 橋本温、平田強他；相模川水系のクリプトスポリジウム及びジアルジア汚染とその汚染指標の検討、水環境

学会誌、第 22 巻、第 4 号、282-287 (1999)

- 21) Medima G.J.,Bahar M. and Schets F.M.(1997) Survival of *Cryptosporidium parvum*, *Escherichia coli*, faecal Enterococci and *Clostridium perfringens* in river water: Influence of temperature and autochthonous microorganisms. *Water Science and Technology* 35 (11-12), 249-252.)
- 22) 橋本温、平田強他；下水中の *Giardia* シストおよび *Cryptosporidium* オーシスト濃度と下水処理における除去性、水環境学会誌、第 20 巻、第 6 号、404-410 (1997)
- 23) Payment P. and Franco E.(1993) *Clostridium perfringens* and somatic coliphages as indicators of the efficiency of drinking water treatment for viruses and protozoan cysts. *Applied and Environmental Microbiology* 59(8), 2418-2424.
- 24) J.T.List and J.B.Rose； *Cryptosporidium* contamination of water in the USA and UK: a mini-review, *J Water SRT-Aqua* Vol.44, No.3, p.103-117 (1995)
- 25) 黒木俊郎 他；神奈川県内で集団発生した水系感染 *Cryptosporidium* 症、感染症学雑誌、Vol.70 No.2p.132-140
- 26) 「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、埼玉県衛生部(1997.3)
- 27) E.C.Nieminski,J.E.Ongerth,(1995)； Removing *Giardia* and *Cryptosporidium* by conventional treatment and direct filtration, *Jour.AWWA*, 87(9), 96-106
- 28) *Main Stream*, *AWWA* 39(3) (1995)
- 29) J.G.Jacangelo,S.S.Adham,J.M.Laine,(1995)； Mechanism of *Cryptosporidium*, *Giardia*, and MS2 virus removal by MF and UF, *Jour.AWWA*, 87(9), 108-121
- 30) Korich D G, Mead J R, Madore M S, Sinclair N A and Sterling C R (1990) Effects of ozone, chlorine dioxide, chlorine, and monochloramine on oocysts viability. *Appl.Environ. Microbiol.* 56(5), 1423-1428.
- 31) 志村有道，竹馬大介，森田重光，平田 強(2001)塩素の *Cryptosporidium parvum* オーシスト不活化効果とその濃度依存性，水道協会雑誌 70(1), 26-33.
- 32) Finch G R, Black E K, Gyurek L and Belosevic M (1993) Ozone inactivation of in demand-free phosphate buffer determined by in vitro excystation and animal infectivity. *J.Appl.Environ.Microbiol.*, 59, 4203-4210.
- 33) Joret J C, Baron J, Langlais B and Perrine D (1998) Inactivation of *Cryptosporidium* sp. Oocysts by ozone evaluated by animal infectivity. *Proc. Int.Ozone Conf.*, 739-744.
- 34) Hirata T, Shimura A, Morita S, Suzuki M, Motoyama N, Hoshikawa H, Moniwa T and Kaneko M (2001) The effect of temperature on the efficacy of ozonation for inactivating *Cryptosporidium parvum* oocysts. *Water Science and Technology* 43(12), 163-166.
- 35) Shin G A, Linden K, Handzel T and Sobsey M D (1999) Low pressure UV inactivation of *Cryptosporidium parvum* based on cell culture infectivity. *Proc.AWWA Wat.Qual.Tech.Conf.*, ST-7.4.1-ST-7.4.8.
- 36) Linden K G, Shin G A and Sobsey M D (2000) Comparative effectiveness of UV wavelength for the inactivation of *Cryptosporidium parvum* in water. *Proc. 1st World Water Congress of Int.Wat.Assoc.* 7, 99-100.
- 37) Morita S, Suzuki M, Motoyama N, Morioka T, Hoshikawa H, Fujiwara M and Hirata T (2001) The effects of temperature and intensity of ultraviolet irradiation for inactivating *Cryptosporidium parvum* oocysts. *First Asia-Pacific Regional Conference - Asian Water Qual 2001*, 711-716.