

うな水と粘液のまだら状の便が認められる(患者は、1日あたり体内の水分を10~15リットルも失うことがある)。胃酸は *V. cholerae* O1 の感染量を  $10^{11}$  個から  $10^6$  個に下げる。治療していない患者の60%が激しい脱水症および電解質の損失の結果として死に至る。

環境中での挙動：病原性のある *Vibrio* 属は、世界中の温熱帯地域の湖沼、河川及び海洋に生息している軟体動物や甲殻類に蓄積される。*V. cholerae* は、海や沿岸から離れた地域の鳥や草食動物からも分離される。*Vibrio* 属の感染流行は水温が20℃以下になると減少する。感染経路：コレラ (*V. cholerae* による疾病) は、糞便が口に入る経口感染により広まる。人々は、糞便に汚染された水や食物の摂取により感染する。

飲料水との関連性：*V. cholerae* のいくつかの血清型が環境水における常在菌の一部となっている可能性がある。供給される飲料水中に病原性の *V. cholerae* O1 および O139 が検出されることは、公衆衛生上重大であり人間社会に影響を及ぼす。*V. cholerae* は、消毒が極めて容易であり、*V. cholerae* の流行は飲料水の塩素消毒と煮沸により防ぐことが出来る。

## 文献

Kaper JB, Morris JG and Levine MM (1995) Cholera. *Clinical Microbiology Review* 8: 48-86.

Ogg JE, Ryder RA and Smith HL (1989) Isolation of *Vibrio cholerae* from aquatic birds in Colorado and Utah. *Applied and Environmental Microbiology* 55: 95-99.

Rhodes JB, Schweitzer D and Ogg JE (1985) Isolation of non-O1 *Vibrio cholerae* associated with enteric disease of herbivores in western Colorado. *Journal of clinical Microbiology* 22: 572-575.

Tison DL (1999) *Vibrio*. p. 497-506. In: PR Murray, EJ Baron, MA Tenover and RH Tenover (ed.). *Manual of Clinical Microbiology*. 7<sup>th</sup> edition. American Society for Microbiology. ASM Press, Washington DC.

WHO (2002) *Vibrio cholerae*. In: Guidelines for Drinking-Water Quality, Second Edition. Addendum: Microbiological agents in drinking water. World Health Organization, Geneva.

## 2. 2 ウイルス

水系感染に関与するウイルスは主に腸管系ウイルスで、糞便中に排出される。典型的な腸管系ウイルスは水を介して容易に伝播し、潜伏期が短く、急性疾患を惹起することが多い。これ以外のウイルスの伝播にも水が関与することも示唆されている。それらのうちには呼吸器系ウイルスも含まれ、汚染されたエアロゾルの吸引により伝播する。また、ポリオマウイルスのように尿中に排出されるウイルスもある。これらはいずれも水を介した感染の可能性があり、長期的には発癌のプロモータ作用を示す可能性のあるものであるが、疫学的には水系感染の証拠は得られていない。

### 2. 2. 1 アデノウイルス (Adenoviruses)

概要：アデノウイルス科は、マストアデノウイルス属 (ほ乳類) とアビアデノウイルス属 (鳥類) の2属を含む。アデノウイルスは鳥類、ほ乳類、両生類に感染し自然界に広く存在している。これまでのところ、ヒトアデノウイルスには、51の抗原型が報告されている。ヒトアデノウイルスは、ドデシル硫酸ナトリウム-ポリアクリルアミドゲル電気泳動 (SDS-PAGE) のパターンに基づいて、6グループ (A~F) に分けられており、これはDNA解析によっても確認されている。

健康影響：ヒトアデノウイルスは、消化器官、眼、呼吸器官に感染症を引き起こすほか、不顕性感染もする。胃腸炎、咽頭炎、咽頭結膜熱 (プール熱) などのアデノウイルス感染症は幼児や子供に多い。

環境中での挙動：アデノウイルスが様々な水環境に存在することは確認されている。水由

来のアデノウイルス疾患の発生事例は遊泳用プールと関連したもので、咽頭炎や結膜炎を引き起す。

感染経路：初期感染は呼吸器経由である。しかし、長期間にわたり糞便にウイルスが排出されることから、糞一口感染も小児のアデノウイルスの感染経路となる。

飲料水との関連性：ヒトアデノウイルスは、水環境中の潜在的危険性として広く認められている。米環境保護局の規制候補物質リスト [ "Candidate Contaminant List" (CCL) ] に CCL は、最優先して検出技術を開発し水質評価項目へ追加すべきと考える汚染物質と位置付けられている。アデノウイルスはリストに含まれる 4 種のウイルスの一つである。これは、アデノウイルスが潜在的に健康と密接に関わること及び水環境中に多数存在し、浄水・消毒工程に対し極めて抵抗性があるというデータに基づいている。紫外線照射によるアデノウイルスの抵抗性が強いのは、DNA の二重らせん構造に由来すると考えられている。ピリミジン二量体の形成という様な損傷を受けた DNA は、宿主細胞の DNA 修復機構によって修復される。

## 文献

- D' Angelo LJ, Hierholzer JC, Keenlyside RA, Anderson LJ, Martone WJ (1979) Pharyngoconjunctival fever caused by adenovirus type 4: Report of a swimming pool-related outbreak with recovery of virus from pool water. *Journal of Infectious Diseases* 140: 42-47.
- Environmental Protection Agency (1998) Drinking-water contamination candidate list. Notice. *Federal Regulation* 63: 10274-10287.
- Grabow WOK, Taylor MB, de Villiers JC (2001) New methods for the detection of viruses: call for review of drinking water quality guidelines. *Water Science and Technology* 43: 1-8.
- Maier RM, Pepper IL and Gerba CP (2000) Viruses. In: *Environmental Microbiology*, Academic Press, London, p 473-475.
- Puig M, Jofre J, Lucena F, Allard A, Wadell G and Girones R (1994) Detection of adenoviruses and enteroviruses in polluted water by nested PCR amplification. *Applied and Environmental Microbiology* 60: 2963 - 2970.

## 2. 2. 2 アストロウイルス (*Astroviruses*)

概要：ヒト及び動物由来分離株アストロウイルスは、アストロウイルス科に属するプラス鎖、一本鎖の RNA ウイルスである。アストロウイルスは、エンベロープを持たない直径約 28nm の球形粒子であるが、粒子の表面部分に明瞭な星型の構造体が電子顕微鏡により観察される。ヒトアストロウイルスは、8 種類の血清型が知られており、1 型が最も多く検出される。

健康影響：アストロウイルスは、5 歳以下の小児に下痢を主徴とする胃腸炎を主に引き起こすが、成人でも報告される。血清疫学調査の結果によると、5 から 10 歳の子供の 80% 以上がアストロウイルスに対する抗体を持っていた。学校、保育所、家庭での流行がしばしば報告される。症状は自然治癒で、短期間であり、冬に発生のピークがある。アストロウイルス感染事例は、胃腸炎感染事例の原因微生物としてはごくわずかな割合である。通常症状が軽く、報告に至らないケースが多いため、感染数は過小評価となっている。

環境中での挙動：アストロウイルスは、感染者が糞便中に大量のウイルスを排出するため、排水や汚染された水中に存在する。アストロウイルスは標準的な細菌検査に合致した飲料水試料からも検出される。

感染経路：「糞便一口」感染がアストロウイルスの主な感染経路であり、汚染された飲食物により感染する。ヒトからヒトへの感染は、保育所、小児科病棟、家庭、老人ホーム、軍事キャンプで見られている。

飲料水との関連性：海水浴場での調査では、汚染された水との接触が感染要因となっていることが示されているが、疫学的証拠は必ずしも明確ではない。アストロウイルスは水環境中で活性を保ち、家庭やレクリエーションの目的に使われる水に存在すれば健康上問題である。

#### 文献

Grabow WOK, Taylor MB, de Villiers JC (2001) New methods for the detection of viruses: call for review of drinking water quality guidelines. *Water Science and Technology* 43: 1-8.

Pintó RM, Villena C, Le Guyader F, Guix S, Calallero S, Pommepey M and Bosch A (2001) Astrovirus detection in wastewater. *Water Science and Technology* 43: 73-77.

Nadan S, Walter JE, Grabow WOK, Mitchell DK and Taylor MB (2003) Molecular characterization of astroviruses by reverse transcriptase PCR and sequence analysis: comparison of clinical and environmental isolates from South Africa. *Applied and Environmental Microbiology* 69: 747-753.

### 2. 2. 3 カリシウイルス(Caliciviruses)

概要：ヒトカリシウイルス (HuCVs) はプラス鎖の一本鎖 RNA を持つウイルスで、カリシウイルス科に属する。HuCVs は、ノーウォーク様ウイルス (NLVs) とサッポロ様ウイルス (SLVs) の 2 属に分類されることが記載されている。SLVs は典型的なカリシウイルスの形態的特徴を示し、古典的カリシウイルスと呼ばれている。NLVs は特徴的な形態を示さず、小型球形ウイルスと呼ばれる。HuCVs は組織培養系による増殖が不可能であり、かつては電子顕微鏡によるウイルス検索が唯一の検出法であった。近年の研究成果により、NLVs の一部はバキエウロウイルスで発現させた NLV カプシドタンパク質を免疫して得られた抗体を用いた ELISA 法により検出できる。HuCVs の検出には、多数の RT-PCR 法が報告されている。

健康影響：HuCVs は、すべての年齢層における冬季嘔吐症として知られている急性ウイルス性胃腸炎の主要な病原因子である。症状は吐き気、嘔吐、下痢であり、1-3 日間継続する。HuCVs には短期間の免疫が成立する。症状は一般的に穏やかであるが、多数の人々が感染することにより医療費や生産性など経済的影響がある。

環境中での挙動：HuCVs は腸管で増殖するウイルスであり、ヒトが唯一の宿主である。NLVs は 1968 年、米国オハイオ州の学校における胃腸炎集団発生時に発見された。食中毒あるいは水系感染事例が、福祉施設、保養キャンプ地、学校、航海船中などヒトが過密になった状況下での集団発生事例として報告されている。食中毒事例では、生のサラダ、パン・ケーキ製品、果物、冷肉や生あるいは加熱不十分な二枚貝食品が関連している。

感染経路：HuCVs は経口感染により感染する。感染は糞便汚染された食品や水を摂取することによって発生する。糞便汚染された水による灌漑や洗浄用水、ほとんど調理加工されない食品なども感染経路となる。ヒト-ヒト感染も吐物の飛沫やウイルス汚染された器物表面に接触することにより発生する。HuCVs の感染率は 50% であり、数個のウイルスによって発病する。

飲料水との関連性：HuCVs は数多くの水系感染による胃腸炎集団発生の原因と考えられている。1998 年スイスにおいて 1,000 名に及ぶ水系感染による NLVs の集団発生が認められ、近年では複数ブランドのヨーロッパ製ボトル詰めミネラルウォーターから NLVs 遺伝子が検出されている。感染者の糞便中に HuCVs が排泄されることから、漏れだした下水から地中や表層水へ移行したものとされる。

#### 文献

Berke T, Golding B, Jiang X, Cubitt DW, Wolfaardt M, Smith AW, Matson DO (1997) Phylogenetic analysis of the *Caliciviridae*. *Journal of Medical Virology* 52: 419-424.

Beuret C, Kohler D, Baumgartner A, Luthi TM (2002) Norwalk-like virus sequences in

mineral water: one year monitoring of three brands. *Applied and Environmental Microbiology* 68: 1925-1931.

Jiang X, Huang PW, Zhong WM, Farkas T, Cubitt DW, Matson DO (1999) Design and evaluation of a primer pair that detects both Norwalk- and Sapporo-like caliciviruses by RT-PCR. *Journal of Virological Methods* 83:145-154

Mauer AM, Sturchler DA. (2000) A waterborne outbreak of small round-structured virus, campylobacter and shigella co-infections in La Neuveville, Switzerland, 1998. *Epidemiology and Infection* 125: 325-332.

Monroe SS, Ando T, Glass R (2000) Introduction: Human enteric caliciviruses - An emerging pathogen whose time has come. *Journal of Infectious Diseases* 181 (Suppl 2): S249-251.

#### 2. 2. 4 エンテロウイルス (Enteroviruses)

概要：エンテロウイルスはピコルナウイルス科で大きな属を構成している。この属は68の異なる血清型から成り立っており、ポリオウイルスは1から3型、コクサッキーA群ウイルスはA1からA22とA24型（A23＝エコー9）、コクサッキーB群ウイルスはB1からB6型、エコーウイルスは1から9、11から27、29から34型に細分されており、番号で分類されているエンテロウイルスは、EV68からEV71型までである。

健康影響：エンテロウイルスは最も重要なウイルス感染症で、毎年、合衆国で推定3千万人の感染を引き起こしている。臨床症状は、穏やかな熱性症状から心筋炎、髄膜脳炎、小児まひ及び新生児の多臓器障害にまで広範囲に及ぶ。最近の報告では、多発性筋炎、拡大型心筋症と慢性疲労症候群のような慢性病の原因として、エンテロウイルスの持続感染が記述されている。

環境中での挙動：生水、および処理済み飲料水におけるエンテロウイルスの挙動に関する研究事例が多数ある。エンテロウイルスは、環境中で安定であり、塩素と紫外線消毒処理に対して抵抗性を持っている。さらに、エンテロウイルスは、イエバエや廃水、下水からも検出されている。

感染経路：エンテロウイルスの分布は世界的である。それらは主として糞-口経路によって伝播されるが、ヒトからヒトへの接触と呼吸器による伝播の可能性もある。感染は、汚染された水、食物あるいは吐物を介して起こる。感染リスク要因としては、貧弱な下水設備や過密な生活状況、低い社会経済状態があげられる。劣悪な衛生習慣や抗体を持たない5歳以下の子供たちは感染の危険性が高い。

飲料水との関連性：最近の疫学的調査結果によると、適切な水処理を施した飲料水であっても消毒効果に変動があり腸管系感染症の原因となることが指摘されている。WHOの科学者は、多量の飲料水中のわずかな腸管系ウイルスの存在でさえ、公衆衛生に対する脅威をもたらすと結論付けている。

#### 文献

Grabow WOK, Taylor MB, de Villiers JC (2001) New methods for the detection of viruses: call for review of drinking water quality guidelines. *Water Science and Technology* 43: 1-8.

Hawley HB, Morin DP, Geraghty ME, Tomkow J, Phillips CA (1973) Coxsackie B epidemic at a boys' summer camp. *Journal of the American Medical Association* 226: 33-36.

Pallansch MA, Roos RP (2001) Enteroviruses: Polioviruses, Coxsackieviruses, Echoviruses and Newer Enteroviruses. In: *Fields Virology*. Eds Knipe DM, Howley PM, Griffin DE, Martin MA, Lamb RA, Roizman B, Straus SE. *Fields Virology, Fourth Edition*, Vol 1. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia. Pp. 685-722.

### 2. 2. 5. A型肝炎ウイルス(Hepatitis A virus)

概要：A型肝炎ウイルス(HAV)はピコルナウイルス科(Picornaviridae)に属する唯一のHepatovirusである。本ウイルスは同科の他のウイルス(enterovirus)と基本構造や形態的特長を共有する。ヒト及びサルHAVは血清学的に判別可能である。HAVは通常の培養系では容易に分離されず、そのため発生率や原水や飲料水中の挙動の詳細が明らかにされていない。

健康影響：HAVは一般には感染性肝炎あるいは黄疸と呼ばれるA型肝炎(HA)を引き起こす。同科の他のエンテロウイルスと同様に、HAVは腸管系に取り込まれて上皮細胞に侵入する。個々より血行性に移行し、肝臓に到達し、肝細胞に障害を与える。90%程度の感染者、特に子供において肝細胞の損傷もほとんど無いまま不顕性に経過するが、終生免疫の獲得が得られる。肝細胞の障害により特異的な酵素(aspartate-amino-transferase)が血流中に放出されるが、この特徴を診断に利用している。肝細胞の障害により血中からビリルビンの除去ができなくなり、典型的には色素の沈着による黄疸と尿の色が濃くなる症状が表れる。およそ28-30日間といった比較的長い潜伏期を経て、急激な発熱、疲労感、吐き気、食欲不振、腹部不快感などを呈し、黄疸を発症する。致死率は1.5%程度であるが、肝細胞の修復に時間を要することから、患者の回復には6週間からそれ以上を要する。患者数は少なくないことが推測される。

環境中での挙動：HAVは世界的に広がっている疾患であるが、臨床的には特徴的な分布を示す。衛生状態の不備な地域では、子供がごく早い時期に感染し終生免疫を獲得することで不顕性に終始する。衛生状態の良い地域では、成人に感染が多くみられ、重い臨床所見を呈す傾向がある。典型的には、工業先進国の成人は汚染地域に旅行することで食品や飲料水を介して感染に至る。

感染経路：HAVは典型的な糞便で汚染された食品や飲料水を介して感染する疾患である。HAVの水系感染に関しては他のどのウイルス性疾患に増して確固たる疫学的証拠がある。経口摂取が主要な感染経路であるが、ヒトとの摂食や飛沫の吸引という経路の可能性も否定できない。

飲料水との関連：飲料水を介したHAVの伝播、および飲料水のHAV汚染のリスクはよく知られるところである。他の多くのエンテロウイルス同様に、HAVは大腸菌などに比べて浄水処理や塩素消毒等に対して抵抗性が強い。飲料水中のHAVの不活化には好適条件下で

2.0-2.5mg/L程度の残留塩素濃度が必要とされるが、この量は通常の飲料水の消毒量を超えている。HAV感染防止には効果的なワクチンが求められるのかも知れない。特に、先進国から途上国への旅行に際しては期待される方策と考えられる。

### 文献

- Cuthbert JA (2001) Hepatitis A: Old and New. *Clinical Microbiology Reviews* 14: 38-58.  
FDA/CFSAN : <http://www.cfsan.fda.gov/~mow/chap31.htm>. page 1-5, 2002.  
Hollinger FB, Emerson SU (2001) Hepatitis A Virus. In: *Fields Virology*. Eds Knipe DM, Howley PM, Griffin DE, Martin MA, Lamb RA, Roizman B, Straus SE. Fields Virology, Fourth Edition, Vol 1. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia. Pp. 799-840.  
WHO (2002) enteric hepatitis viruses. In: *Guidelines for Drinking-Water Quality*, Second Edition. Addendum: Microbiological agents in drinking water. World Health Organization, Geneva.

### 2. 2. 6. ロタウイルス(Rotaviruses)

概要：ロタウイルスは、レオウイルス科に属するエンベロープを持たない車輪形状のウイルスである。ウイルス粒子の直径は約80 nmであり、内部のカプシドは直径50-65 nmの正20面体構造を持つ。ウイルスの遺伝子は2本鎖RNAであり11本に分節している。ロタウイルスは血清学的に7群(A-G)に分類され、なかでもA群ロタウイルスは最も重要なヒ

トの病原体である。

健康影響：ヒトロタウイルス (HRV s) は、発展途上国および先進国のいずれにおいても乳幼児の急性ウイルス性胃腸炎の最も重要な病原因子である。潜伏期は 48 時間以内と推定され、症状は発熱、嘔吐、長期間の非血性水様性下痢、腹痛である。ロタウイルス感染症は医療費と死亡率から、経済へ影響する。発展途上国では、年間 1,800 万人の乳幼児がロタウイルスに感染し、80 万人が死亡している。自然免疫を獲得するために加齢とともに発病率は低下し、二次感染を防ぐことができるようになる。

環境中での挙動：ヒトロタウイルスは腸管で増殖するウイルスであり、ウイルス汚染された水や食品が原因となりうる。患者は糞便 1 グラム中に  $10^{11}$  個のウイルスを排出し、下水中に HRV s は存在する。乳児、免疫不全患者、発展途上国への旅行者、高齢者は HRV に感染しやすい。病院内、福祉施設、介護施設などでの集団発生例が報告されている。

感染経路：ヒト-ヒト感染は直接感染者と接触、あるいは汚染された器物の表面、乳児のおむつに触ることから発生しうる。HRV s は経口感染し、感染に必要なウイルス量は 10-100 個である。呼吸器からもエアロゾルや飛沫により感染する。

飲料水との関連性：HRV に起因した水系感染による胃腸炎集団発生は、1981 年に米国コロラド州で発生した。飲料水のロタウイルス汚染や、飲料水汚染による集団発生の報告は数多くなされている。スイスで発生した HRV 集団発生の主要血清型は、大規模下水処理場が流入している河川からも検出された。

## 文献

Baggi F, Peduzzi R (2000) Genotyping of rotaviruses in environmental water and stool samples in southern Switzerland by nucleotide sequence analysis of 189 base pairs at the 5' end of the VP7 gene. *Journal of Clinical Microbiology* 38: 3681-3685.

Desselberger U, Iturriza-Gómara M, Gray JJ (2001) Rotavirus epidemiology and surveillance. Gastroenteritis viruses. Novartis Foundation Symposium 238. John Wiley & Sons Ltd, Chichester. Pp 125-152.

Gerba CP, Rose JB, Haas CN, Crabtree KD (1996) Waterborne rotavirus: a risk assessment. *Water Research* 30: 2929-2940.

Hopkins RS, Gaspard GB, Williams FP Jr, Karlin RJ, Cukor G, Blacklow NR (1984) A community waterborne gastroenteritis outbreak: evidence for rotavirus as the agent. *American Journal of Public Health* 74: 263-265.

Sattar SA, Raphael RA, Springthorpe VS (1984) Rotavirus survival in conventionally treated drinking water. *Canadian Journal of Microbiology* 30: 653-656.

## 2. 2. 6 E 型肝炎ウイルス (Hepatitis E virus)

概要：E 型肝炎ウイルス (HEV は、エンベロープを持たない直径 27~34nm の球形粒子である。ポリアデニル化した (アデニル酸がリボースの 3' -5' 間にホスファチジル結合で重合した) 1 本鎖 (+)RNA 鎖を持つ。約 7.5kb である。かつてはカリシウイルス (Calicivirus) 科に近いとされていたが、ICTV (The International Committee on the Taxonomy of Viruses) は、現在、E 型様肝炎ウイルスとして分類している。

健康影響：HEV の症状は急性ウイルス性肝炎、特に、HAV による急性肝炎に類似している。潜伏期間は 1~8 週間 (平均 40 日) である。急性 E 型肝炎の症状は、腹痛、食欲不振、尿の色が濃くなる、発熱、肝腫脹、黄疸、倦怠感、吐き気、嘔吐である。まれに関節痛、下痢、掻痒、蕁麻疹が出る場合がある。主に若年層で発症することが多い。HEV が風土病の地域では、深刻な死亡要因の一つである。特に妊娠した女性では死亡率は 25% 以上である。

環境中での挙動：HEV の宿主は確定されていないが、数種は動物由来ヒト感染症であると考えられている。ヒトや霊長類、ブタ、ネズミは共通感染することが知られている。

感染経路：通常、E 型肝炎の大流行は、糞便汚染のあった水道水による水系感染である。ヒ

トからヒトへ直接感染することはまれで、また、HEV 感染患者との日常的な接触による感染の危険性も少ない。

飲料水との関連：大規模な水系感染例として、インドのニュー・デリー(1955-56)、ソビエト連邦(1955-56)、ネパール(1973-74)、ミャンマー(1976-77)、インドのカシミール(1978-82)、中国(1986-88)、インドのカーンプル(1991)での事例がある。

## 文献

Pina S, Jofre J, Emerson SU, Purcell RH and Girones R (1998). Characterization of a strain of infectious hepatitis E virus isolated from sewage in an area where hepatitis E is not endemic. *Applied and Environmental Microbiology* 64:4485-4488.  
Van der Poel WHM, Verschoor F, Van der Heide R, Herrera M, Vivo A, Kooreman M and De Roda Husman AM (2001) Hepatitis E virus sequence in swine related to sequences in humans, the Netherlands. *Emerging Infectious Diseases* 7: 970-976.  
WHO (2002) Enteric hepatitis viruses. In: Guidelines for Drinking-Water Quality, Second Edition. Addendum: Microbiological agents in drinking water. World Health Organization, Geneva.

## 2. 3 原虫類

原虫類及び寄生虫類は動物や人の感染症として最も普遍的なものである。これらの病原体が与える衛生上あるいは社会経済学的影響は甚大である。これらの病原体の伝播に水の果たす役割は大きい。これらの病原体は（オー）シストや卵を形成することで水系感染するが、これらの水系感染防止は大きな課題となっている。（オー）シストや卵は一般の水の消毒にはきわめて強い抵抗性を示し、膜ろ過以外の浄水処理では完全な除去は期待できない。これらの中にはいわゆる「新興感染症」の代表的なものが含まれる。その典型例は後述のクリプトスポリジウムである。その他としてミクロスポリジウム、あるいはサイクロスボラなども知られる。これらの病原体の水系感染に関する証拠は近年になって集まりつつあるという状況にあり、これらの疫学や水処理工程あるいは消毒における挙動など不明な点が多々ある。これらの病原体の水系感染問題は人口や動物の増加や飲料水需給が増すにつれて、その重要性和多様性が増している。

### 2. 3. 1 アカンソアメーバ (*Acanthamoeba*)

概要：アカンソアメーバは広く環境に棲息する自由生活性アメーバである。本属には多数の種が知られているが、ヒトに病原性を示すものとして *A. castellanii*、*A. polyphaga* および *A. culbertsoni* の3種が知られているのみである。アカンソアメーバは摂餌及び増殖を行う栄養型と休眠型のシストの2形をとる。シストは温度 (-20~50℃)、消毒あるいは乾燥に対してきわめて抵抗力が強い。本アメーバは鞭毛期を持たない。

健康影響：*Acanthamoeba culbertsoni* の感染による肉芽腫性脳炎 (Granulomatous Amoebic Encephalitis; GAE) が知られている。他の2種ではアカンソアメーバ性角膜炎およびぶどう膜炎が知られている。GAE は多病巣性、出血性、壊死性の脳炎であるが、通常は免疫不全者にみられる。本症は稀な疾病であるが、一般に致死性である。初期症状は傾眠、人格変調、高度の頭痛、項部硬直、吐き気、嘔吐、突発性微熱、巣状神経障害、不全片麻痺、発作などである。その後、精神状態の変調、複視、麻痺、無気力、小脳性運動失調、昏睡などが続く。初期症状が現れてから、1週間から1年程度で死亡するが、通常は気管支肺炎が死因となる。GAE では皮膚の潰瘍、肝臓疾患、間質性肺炎、腎不全および咽頭炎などを伴う。アカンソアメーバ性角膜炎は強い痛みを伴った角膜への感染症で、健常者にも発症する。本症は稀な疾病で、視力障害、失明、眼球摘出におよぶこともある。

#### 神経

環境中での挙動：アカンソアメーバは土壌、淡水および海水中から検出される。感染性を有するシストは塵埃やエアロゾルにより伝播される。ソフトコンタクトレンズの装用によ

るアカンソアメーバ性角膜炎の集団感染では、汚染された水道水 (tap water) によるレンズ洗浄が原因していたことが報告されている。

感染経路：GAE の原発部位は上気道、肺および皮膚とされている。アメーバは血行を介して中枢神経系へ広がる。中枢神経系へ到達した場合に GAE と呼ばれる疾患となる。コンタクトレンズを介したアカンソアメーバ性角膜炎はレンズ臍尿器の汚染が原因しているが、水道水中で細菌類やその他の微生物を餌として増殖することが可能なことから、そもそもの汚染は水道水と考えられている。

飲料水との関連性：アカンソアメーバは塩素消毒された水泳プールや飲料水や井戸水を含む淡水や塩分を含んだ水環境中に認められ、これらの水を使用することで健康被害にいたる可能性がある。アカンソアメーバのシストは被殻的大型で、ろ過工程で除去されるものと考えられるが、塩素耐性であることに留意すべきである。栄養体は通常の塩素消毒で死滅するものと考えられる。

#### 文献

- Acanthamoeba Sp.: <http://www.cdfound.to.it/html/eye.htm>. page 1-3, 2002.  
AWWARF - Drinking-water expectorate fact sheet - Acanthamoeba: Available at: <http://www.awwarf.com/newprojects/pathegeons/ACANTHAM.htm>. page 1-2, 2002.  
Boyd RF (1995) Protozoa, Helminths and Arthropods. *Basic Medical Microbiology* 5<sup>th</sup> edition, p 507. Little, Brown and Company (Inc.), New York, USA.  
FDA/CFSAN: <http://vm.cfsan.fda.gov/~mow/chap29.htm>. page 1-4, 2002.  
Yagita K, Endo T and De Jonckheere JF (1999). Clustering of Acanthamoeba isolates from human eye infections by means of mitochondrial DNA digestion patterns. *Parasitology Research* 85:284-289, 1999.

#### 2. 3. 2 バランチジウム (*Balantidium*)

概要：大腸バランチジウム (*Balantidium coli*) は、200 $\mu$ mほどの大きさとなり、寄生性の原虫類中で最も大きいものである。本原虫の栄養体は卵形で、運動器官である線毛により覆われる。シストは 60-70 $\mu$ m 程度で、pH、温度などといった環境条件に耐性を示す。本原虫は原虫類の中で最大のグループである繊毛虫類に属する。

健康影響：大腸バランチジウムの感染は多くの場合、不顕性感染である。臨床症状は赤痢アメーバ症と類似の赤痢、大腸炎、下痢、吐き気、嘔吐、頭痛および食欲不振などである。大腸の粘膜下層への侵襲により潰瘍性膿瘍および出血病巣を形成する。

環境中での挙動：大腸バランチジウムではブタやチンパンジーなどの保虫宿主が知られている。繊毛虫で唯一の病原種である。患者や患畜の糞便中にはシストが排出され、水道で用いられる低度の塩素処理には耐性である。

感染経路：大腸バランチジウムはブタに広く感染が見られ、ブタとの直接の接触が最も重要な感染経路である。糞便で汚染された飲料水や食品を介しての感染も考えられる。悪い衛生状態において高い感染率が認められている。

飲料水との関連性：水道を介した唯一の集団感染事例が 1971 年に起きているが、台風の後には飲料水供給システムがブタの糞便に汚染されたのが原因であった。ヒトにおける本症の感染率は低い。

#### 文献

- Garcia LS (1999) Protozoa: Intestinal and Urogenital Amebae, Flagellates and Ciliates. In: Armstrong D, Cohen J (1999) *Infectious Diseases*, Vol 2. Mosby, London.  
Neva FA, Brown HW (1994) *Basic Clinical Parasitology*. Prentice-Hall International Inc, London.  
WHO (1996) *Guidelines for drinking-water quality, Second Edition, Vol 2: Health criteria and other supporting information*. World Health Organization, Geneva.



### 2. 3. 3. クリプトスポリジウム (*Cryptosporidium*)

概要：クリプトスポリジウムは細胞偏性寄生性原虫（孢子虫類）で、直径が4-6 $\mu$ m程度の環境抵抗型の嚢子（オーシスト）を形成する。オーシストは患者（畜）の糞便中に排出される。これまでに、*Cryptosporidium*属には8種が知られており、そのうち、*C. parvum*がヒトの主な病原体となっている。

健康影響：*C. parvum*はヒトや動物の腸管上皮に寄生し、免疫不全患者に対しては重篤で、致死的な下痢症を起こすが、免疫学的に正常者では自然治癒する。臨床所見としては吐き気、嘔吐および発熱をみる。健常者のボランティアにおける感染量（ID<sub>50</sub>）はオーシスト132個と算出されており、30個程度でも感染が成立することが示されている。

環境中での挙動：クリプトスポリジウム症は飲料水あるいはレクリエーション水を介して感染する。クリプトスポリジウムのオーシストは飲料水の消毒に用いられる濃度では塩素やヨード、臭素といった他のほとんどの消毒剤に耐性を示す。

感染経路：飲料水が動物やヒトの糞便に汚染された際に、クリプトスポリジウムのオーシスト濃度が高いと集団感染の原因となる。1984年から1999年の間に発生したクリプトスポリジウム集団感染事例のおよそ半分（56%）は飲料水を原因としており、残りの44%はレクリエーション水の利用によるものであった。

飲料水との関連性：飲料水を介した*C. parvum*の伝播は衆知の事実である。1993年に発生した、ミルウォーキーの公共水道を介した集団感染事例では推定患者は403,000人に及んだ。水道施設においては迅速で効果的な監視体制を整備し、処理方法、汚染および公衆衛生上のリスク判断の向上に資するべきである。

#### 文献

Australian Guidelines (2003) Fact Sheet: *Cryptosporidium*. *Australian Drinking Water Guidelines: National Water Quality Management Strategy*. National Health and Medical Research Council, Canberra.

Corso PS, Kramer MH, Blair KA, Addiss DG, Davis GP, Haddix AC (2003) Cost of illness in the 1993 waterborne *Cryptosporidium* outbreak, Milwaukee, Wisconsin. *Emerging Infectious Diseases* 9: 426-431.

Dupont H, Chappell C, Sterling C, Okhuysen P, Rose J and Jakubowski W (1995) The infectivity of *Cryptosporidium parvum* in healthy volunteers. *New England Journal of Medicine* 308: 1252-1257.

Haas CN, Crockett C, Rose JB, Gerba CP, Fazil A (1996) Risk assessment of *Cryptosporidium parvum* oocysts in drinking water. *Journal of the American Water Works Association* 88: 131-136.

Leav BA, Mackay M, Ward HD (2003) *Cryptosporidium* species: new insight and old challenges. *Clinical Infectious Diseases* 36: 903-908.

Linden KG, Shin G, Sobsey MD (2001) Comparative effectiveness of UV wavelengths for the inactivation of *Cryptosporidium parvum* oocysts in water. *Water Science and Technology* 43: 171-174.

WHO (2002) Protozoan parasites (*Cryptosporidium*, *Giardia*, *Cyclospora*). In: *Guidelines for Drinking-Water Quality, Second Edition. Addendum: Microbiological agents in drinking water*. World Health Organization, Geneva.

### 2. 3. 4 サイクロスポラ (*Cyclospora*)

概要：*Cyclospora cayentanensis*は細胞変性寄生性のアイメリア科に属する原虫（孢子虫類）である。本原虫のオーシストは環境抵抗型（直径8-10 $\mu$ m）で、患者の糞便中に排出される。

健康影響：本原虫の感染はオーシストの摂取により成立し、*C. cayentanensis*は宿主の小腸

に寄生する。感染者は水溶性下痢、腹部痙攣、体重減少、食欲不振、筋痛症等の症状を呈し、稀には嘔吐や発熱をみる。サイクロスポラ症ではしばしば再発がみられる。

環境中での挙動：本原虫の宿主はヒトに限られると考えられている。オーシストの消毒耐性は強く、塩素消毒された飲料水から検出されている。

感染経路：*C. cayetanensis* は汚染された食品や飲料水を介して感染するが、農業用の灌漑用水や灌漑用水が使用された農作物が汚染源となる。ヒトからヒトへの伝播は考えられない。

飲料水との関連性：今日まで、サイクロスポラの水系集団感染は2例が知られているに過ぎない。最初のケースは1990年に発生したもので、シカゴ病院の職員が罹患した。感染は恐らく滞留した高置水槽からの汚染された水道水によるものと考えられている。第2例は公共水道水と河川水の混合水を用いた飲料水を介して起きており、14名の英国軍人のうち12名が罹患した。本原虫のオーシストが下水から検出され、これが汚染源となった可能性が指摘された。飲料水および下水からのサイクロスポラのオーシスト検出にはフィルター過による濃縮と光学顕微鏡観察（蛍光顕微鏡観察の誤りか？）により可能となっている。サイクロスポラの種の同定には nested PCR および RFLP (制限酵素多型性) 法が用いられる。環境試料からのオーシスト検出用のモノクローナル抗体はない。

## 文献

- Huang P, Weber JT, Sosin DM, Griffin PM, Long EG, Murphy JJ, Kocka F, Peters C and Kallick C (1995) The first reported outbreak of diarrheal illness associated with *Cyclospora* in the United States. *Annals of Internal Medicine* 123: 409-414.
- Mota P, Rauch CA, Edberg SC (2000) Microsporidia and *Cyclospora*: epidemiology and assessment of risk from the environment. *Critical Reviews in Microbiology* 26: 69-90.
- Ortega YR, Nagle R, Gilman RH, Watanabe J, Miyagui J, Quispe H, Kanagusuku P, Roxas C and Sterling CR (1997) Pathologic and clinical findings in patients with cyclosporiasis and a description of intracellular parasite life-cycle stages. *Journal of Infectious Diseases* 176: 1584-1589.
- Quintero-Betancourt W, Peele ER and Rose JB (2002) *Cryptosporidium parvum* and *Cyclospora cayetanensis*: a review of laboratory methods for detection of these waterborne parasites. *Journal of Microbiological Methods* 49: 209-224.
- Rabold JG, Hoge CW, Shlim DR, Kefford C, Rajah R and Echeverria P (1994) *Cyclospora* outbreak associated with chlorinated drinking-water (Letter). *Lancet* 344: 1360-1361.
- Sterling CR and Ortega YR (1999) *Cyclospora*: An Enigma Worth Unraveling. *Emerging Infectious Diseases* 5: 48-53.
- WHO (2002) Protozoan parasites (*Cryptosporidium*, *Giardia*, *Cyclospora*). In: Guidelines for Drinking-Water Quality, Second Edition. Addendum: Microbiological agents in drinking water. World Health Organization, Geneva.

## 2. 3. 5 赤痢アメーバ (*Entamoeba*)

概要：赤痢アメーバ (*Entamoeba histolytica*) は寄生性アメーバで、赤痢アメーバ症の病原体である。本原虫の栄養型虫体は長径 10-60  $\mu\text{m}$  で、環境体性型のシストは直径 10-20  $\mu\text{m}$  を計測する。

健康影響：赤痢アメーバの感染者の大半 (85-95%) は不顕性感染である。腸管系の病巣は栄養体の組織侵入性に起因する。感染者のおよそ 10% に赤痢、大腸炎あるいはアメーバ性肉芽腫がみられる。アメーバ性赤痢の症状は、腹部痙攣、軽度の腹痛および血性および粘液性の便等である。アメーバ性潰瘍は栄養体の侵襲によるものでその形状は蛸疣様 (あるいは、フラスコ型) を呈する。赤痢アメーバは肝臓、肺あるいは脳などといったその他の組織にも浸潤することがある。

環境中での挙動：世界人口のおよそ10%が赤痢アメーバに感染しているとされる。ヒトが主要な保虫宿主である。

感染経路：赤痢アメーバのシストは患者の糞便中に排出される。本原虫への感染は糞便汚染された食品や水の摂取による。また、性感染症として知られている。

飲料水との関連性：生活廃水による汚染を原因として赤痢アメーバの伝播に飲料水が関与する可能性が指摘されている。シストは水環境中で3ヶ月程度生存することが知られている。米国における流行の大半は不完全な水処理による糞便汚染が原因していた。水中のシストは塩素やヨードによる高濃度処理により失活するものと考えられている。

#### 文献

Boyd RF (1995) Protozoa, Helminths and Arthropods. In Basic Medical Microbiology. Little, Brown and Company, Boston. pp. 499-529.

Garcia LS (1999) Protozoa: Intestinal and Urogenital Amebae, Flagellates and Ciliates. In: Armstrong D, Cohen J (Eds). Infectious Diseases, Vol 2. Mosby, London.

Neva FA, Brown HW (1994) Basic Clinical Parasitology. Prentice-Hall International Inc, London.

WHO (1996) Guidelines for drinking-water quality, Second Edition, Vol 2: Health criteria and other supporting information. World Health Organization, Geneva.

#### 2. 3. 6 ジアルジア (*Giardia*)

概要：ジアルジア属では3種が知られているが、ヒトへの感染は専らそのうちの *G. lamblia* となる。本原虫は鞭毛を有し、ヒトや動物の腸管に寄生する。ジアルジアは栄養体と環境抵抗型であるシストの2形を呈する。栄養体は左右相称で楕円形を呈する。シストは類卵形で、長径8-12 $\mu$ mを計測する。

健康影響：シストの経口摂取により脱嚢した栄養体は腸管内壁に接着する。成人での感染は不顕性となることが一般である。本症の症状は、下痢と腹部痙攣であるが、重度の症例では小腸の吸収障害による栄養失調に至る。

環境中での挙動：ジアルジアはヒトを含む多くの動物を宿主として増殖するが、これらの宿主からシストが排出され環境を汚染する。本原虫のシストは浄水場における通常の塩素消毒では生残する。

感染経路：ジアルジアのシストは水環境中で生存し、食品や水を介して経口感染する。本原虫の伝播経路として、飲料水、レクリエーション水、食品等の摂食および、ヒト-ヒト感染が知られている。

飲料水との関連性：本原虫の水系感染はよく知られており、世界各地で集団感染事例が報告されている。米国の表流水からは高率にジアルジアが検出されている。集団感染は表流水を水源とした浄水場でろ過なし塩素消毒のみの施設を介して発生している。シストの不活化にはこのうどの塩素に長時間接触させることが必要である。水試料からのシストの分離には（カートリッジ）フィルターろ過と密度勾配遠心法が用いられる。蛍光抗体染色法に比べ、PCR法を基調とした分子生物学的手法により検出感度が向上した。IC-PCR

（immunocapture PCR）法を利用したクリプトスポリジウムとジアルジアの同時検出法が考案されている。

#### 文献

Australian Guidelines (2003) Fact Sheet: *Giardia*. Australian Drinking Water Guidelines: National Water Quality Management Strategy. National Health and Medical Research Council, Canberra.

LeChevallier MW, Norton WD and Lee RG (1991) Occurrence of *Giardia* and *Cryptosporidium* species in surface water supplies. *Applied and Environmental Microbiology* 57: 2610-2616.

Ong C, Moorehead W, Ross A and Isaac-Renton J (1996) Studies of *Giardia* spp. and *Cryptosporidium* spp. in two adjacent watersheds. *Applied and Environmental Microbiology* 62: 2798-2805.

Rimhanen-Finne R, Hörman A, Ronkainen P and Hänninen M (2002) An IC-PCR method for detection of *Cryptosporidium* and *Giardia* in natural surface waters in Finland. *Journal of Microbiological Methods* 50: 299-303.

Slifko TR, Smith HV and Rose JB (2000) Emerging parasite zoonoses associated with water and food. *International Journal of Parasitology* 30: 1379-1393.

Stuart JM, Orr HJ, Warburton FG, Jeyakanth S, Pugh C, Morris I, Sarangi J, Nichols G (2003) Risk factors for sporadic giardiasis: a case-control study in southwestern England. *Emerging Infectious Diseases* 9: 229-233.

WHO (2002) Protozoan parasites (*Cryptosporidium*, *Giardia*, *Cyclospora*). In: Guidelines for Drinking-Water Quality, Second Edition. Addendum: Microbiological agents in drinking water. World Health Organization, Geneva.

### 2. 3. 7 イソスポーラ (*Isospora*)

概要：イソスポーラは孢子虫類に属する原虫で、クリプトスポリジウムやサイクロスポラに近縁の生物である。本属には多数の種が知られているが、ヒトへの感染が知られているのは *I. belli* のみである。*I. hominis* は男性同性愛者からよく検出される。*I. canis* および *I. felis* はそれぞれ犬およびネコに寄生するもので、健全な動物には無害とされるが免疫不全動物、あるいは幼獣には重篤な疾病を惹起する。爬虫類や鳥類もイソスポーラに感染する。本原虫の生活環は単一の宿主内で完結するもので、a) 環境抵抗型である（成熟）オーシスト、b) 脱囊によりスポロゾイトが遊出するが、スポロゾイトは運動性を有し小腸へ寄生する、c) （無性生殖により形成された）メロゾイトは運動性を有し、さらに腸管の寄生を拡大する。

健康影響：*belli* 感染による症状は疝痛、軟便から水様便、吸収阻害、体重減少、および発熱等であるが、健康者では通常は軽く、自然治癒する。一方、再発や慢性化することも報告されている。通常、感染は免疫不全者に見られ、症状は重症化し、再発や慢性化傾向がある。

環境中での挙動：本症の感染経路は糞-口感染であるが、成熟オーシストを摂取したときに成立する（注：オーシストは外界で成熟してはじめて感染性を有するようになる）。不衛生な環境下で食品や水が糞便により汚染される。本症の感染は熱帯から亜熱帯地方に広く認められる。

感染経路：成熟オーシストに汚染された食品や水を介して本原虫に感染する。（オーシスト中には2個のスポロシストが形成され、それぞれのスポロシストには4個ずつのスポロゾイトが形成される。この間、約 x x 日を要する）オーシストからは最終的にスポロゾイトが遊出し、腸管上皮細胞に寄生する。衛生状態の悪さや、手指を解して、あるいは男性同性愛者間での接触により直接のヒト-ヒト感染の可能性も考えられる（注：この記述は正しくないのではないかと考える）。

飲料水との関連性：本症の伝播に水がどの程度寄与しているものかは根拠がないが、糞便で汚染された食品や水を介した感染も考えられる。本原虫のオーシストは消毒処理に対しては耐性を示すことから、浄水処理において凝集-沈殿-ろ過が重要と考えられる。

### 文献

Boyd RF (1995) Protozoa, Helminths and Arthropods. *Basic Medical Microbiology* 5<sup>th</sup> edition. Little, Brown and Company (Inc.), New York, USA: 517.

Weber R (1999) Protozoa: Intestinal Coccidia and Microsporidia. In: Armstrong D, Cohen J (Eds). *Infectious Diseases*, Vol 2. Mosby, London.

### 2. 3. 8 微孢子虫類 (Microsporidia)

概要：微孢子虫門に属する微孢子虫綱の原虫類はミクロスポリジウム (ミクロスポリジア) は呼ばれる。本原虫類は真核生物の中で最も小型で、細胞偏性寄生性である。本原虫は単細胞の直径1-4.5 $\mu$ m程度の孢子 (spore) を形成し、極帽と極糸を備えた単核か2核の孢子原形質 (sporoplasm) を含有する。微孢子虫は脊椎動物無脊椎動物のいずれにも寄生する。ヒトへ感染する微孢子虫はブタなど動物を保虫宿主としているものと思われる。本原虫類は小さいため、顕微鏡観察は難しく、電子顕微鏡での観察が行われる。本原虫は培養細胞を用いた培養が可能であるが、28日間もの培養時間を要する。

健康影響：本原虫がヒトの病原体として確認されたのは近年のことで、公衆衛生上の重要性が増している。本症は日和見感染症を反映して AIDS 等の免疫不全患者により多くみられる。AIDS 患者の臨床症状は強度の下痢症である。*Enterocytozoon* の寄生はもっぱら腸管及び輸胆管に限定される。*Encephalitozoon* spp. は広い感染スペクトルを有し、多くの哺乳動物の上皮細胞および内皮細胞、線維芽細胞、腎小管細胞、マクロファージ及びその他の細胞への寄生が見られる。哺乳動物への感染では潜在性で不顕性あるいは慢性で軽微な症状を呈する程度である。例外的には、角結膜炎、筋肉炎あるいは肝炎を発症することがある。

環境中での挙動：人への感染性を有するミクロスポリディア、及びその感染経路は不明である。ある種のミクロスポリディアは典型的な腸管寄生性で、孢子は主に糞便中に排出される。しかしながら、孢子は尿や気管支分泌物中へも排出される。検出方法が確立されていないことから、下水や汚染された水の中の孢子数に関する情報は無く、また水中での生存期間などの情報も無い。これらの汚染量はクリプトスポリジウムやジアルジアなどと同等と考えられ、水環境中では4ヶ月までは生存するものと考えられる。飲料水中から孢子が検出されたことは無く、疫学的な証拠も無い。ブタやその他の動物が汚染源となっているものと考えられるが、感染経路の解明には至っていない。人を介した感染、特に汚染された気管支分泌物のエアロゾルの吸引による感染の可能性は否定できないが、之を示す証拠や、この感染経路がどの程度の寄与率となっているかについては情報が無い。

感染経路：糞便や尿で汚染された水や食品を介して孢子の摂取が主な感染経路と考えられる。空气中に飛散した孢子の吸引による感染経路も可能である。*Encephalitozoon* spp. に関しては疫学的あるいは実験的に母体から胎児への垂直感染が示唆されている。孢子の感染力についてのデータは無い。近縁のミクロスポリディアの孢子からの類推では、感染力は強いものと考えられる。

飲料水との関連性：1995年の夏にフランスのリヨンで本症の水系感染が確認されている。従って、飲料水中への孢子の混入は望ましくない。検査方法が無いため実験データに欠けるが、孢子は塩素耐性と考えられる。このことから本原虫は他の原虫の性物学的性状に近似するものと考えられる。孢子はきわめて小型で、他の(オー)シストなどに比べても除去するのが難しい。塩素耐性ということから、本原虫の汚染に関しては大腸菌などは指標的価値が無い。従って、汚染防止には水源域において人や動物の糞便汚を防ぐべく複数のバリアーを敷いた管理体制の強化が求められウ。米国 CDC 及び NIH はミクロスポリディアを重要な新興感染症の病原体として位置付けている。

#### 文献

- Goodgame R (2003) Emerging causes of traveller's diarrhea: *Cryptosporidium*, *Cyclospora*, *Isospora* and *microsporidia*. *Current Infectious Diseases Reports* 5: 66-73.
- Joynson DHM (1999) Emerging parasitic infections in man. *The Infectious Disease Review* 1: 131-134.
- Neva FA, Brown HW (1994) *Basic Clinical Parasitology*. Prentice-Hall International Inc, London.
- Reynolds KA (2000) Microsporidia Outbreak linked to water. On Tap. Available at:

<http://www.wcp.net/archive/jan00ontap.htm>

Weber R (1999) Protozoa: Intestinal Coccidia and Microsporidia. In: Armstrong D, Cohen J (Eds). Infectious Diseases, Vol 2. Mosby, London.

### 2. 3. 9 ネグレリア (*Naegleria fowleri*)

概要：水を介して伝播する可能性がある自由生活性アメーバ類の中で人に対して強い病原性を有するものが知られている。ネグレリアがそれにあたるが、10-20 $\mu$ mの小型のアメーバで、活発に仮足を伸ばして（仮足は風船が膨らむように、先端が丸く、勢い良く形成される）運動するアメーバである。本原虫は中枢神経系に感染し、致死性である。本原虫の感染は、飲料水ではなく、専らレクリエーション水との接触によるものである。ネグレリアは鞭毛期とシスト期（7-15 $\mu$ m）を有する。

健康影響：*N. fowleri*は原発性アメーバ性髄膜脳炎（PAM）の病原体で、本症の患者は健康な若年層に多く、遊泳などにより汚染水を吸引することで感染している。アメーバは嗅神経に沿って篩板（cribriform plate）を通過して脳に侵入する。本症は急性に進行し、多くは病因の究明に至る前に5-10日で死に至る。治療は難しい。本症は稀な病気であるが、海外では毎年患者の報告がある。

環境中での挙動：本症は1965年にオーストラリアと米国のフロリダで患者が見つかった。その後、わずか10年間におよそ100例におよぶPAM患者が世界各地から報告されている。本原虫は高温域の水環境に棲息するアメーバで、4-5 $^{\circ}$ Cまでの温度域で良く増殖する。人の営みとは直接的な関係はないが、水温の上昇や細菌の繁殖を促すようなことがその棲息を助長する。本原虫は世界的な広がりを見せ、通常は温泉や温水プールなどで検出されている。水を介した感染のみが知られている。

感染経路：本原虫の感染は専ら汚染水の吸引によるもので、水や食品を介した経口感染は考えられない。人から人への感染、あるいは動物を介した感染は知られていない。水の吸引による感染は温まった表流水でのレクリエーションや冷却塔水あるいは温泉水で起きている。従って、水泳プールや温泉などが重要な感染源となっていることが明らかとなっている。PAMの発生は夏季に多いのは以上のような理由からである。

飲料水との関連性 *N. fowleri* の水系感染は世界各地で報告されている。その発生頻度は低いものの、死に直結するという点からきわめて重要な疾患である。恐らく、今日までに知られている本症の報告数は過小評価されているものと思われる。本原虫の発生は糞便汚染とは無関係であることから、大腸菌などは指標とならない。配管系全体を通して残塩やモノクロアミンとして0.5mg/Lが保障されれば、*N. fowleri* の汚染防止に有効である。水温が時期的に30 $^{\circ}$ Cを超える、あるいは常に25 $^{\circ}$ Cを超える給水システムにおいては *N. fowleri* の増殖の危険性が指摘される。このような条件を満たすシステムでは定期的な検査が必要である。

#### 文献

Australian Guidelines (2003) Fact Sheet: *Naegleria fowleri*. *Australian Drinking Water Guidelines: National Water Quality Management Strategy*. National Health and Medical Research Council, Canberra.

Behets J, Seghi F, Declerck P, Verelst L, Duvivier L, Van Damme A, Ollevier F (2003) Detection of *Naegleria* spp. and *Naegleria fowleri*: a comparison of flagellation tests, ELISA and PCR. *Water Science and Technology* 47: 117-122.

Cabanes P-A, Wallet F, Pringuez E, Pernin P (2001) Assessing the risk of primary amoebic meningoencephalitis from swimming in the presence of environmental *Naegleria fowleri*. *Applied and Environmental Microbiology* 67: 2927-2931.

Neva FA, Brown HW (1994) Basic Clinical Parasitology. Prentice-Hall International Inc, London.

Parija SC, Jayakeerthee SR (1999) *Naegleria fowleri*: a free living amoeba of emerging medical importance. Communicable Diseases 31: 153-159.

Reveiller FL, Varenne MP, Pougard C, Cabanes PA, Pringuez E, Pourima B, Legastelois S, Pernin P (2003) An enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) for the identification of *Naegleria fowleri* in environmental water samples. Eukaryotic Microbiology 50: 109-113.

Visvesvara GS, Martinez AJ (1999) Protozoa: Free-Living Amebae. In: Armstrong D, Cohen J (Eds). Infectious Diseases, Vol 2. Mosby, London.

WHO (1996) Guidelines for drinking-water quality, Second Edition, Vol 2: Health criteria and other supporting information. World Health Organization, Geneva.

### 2. 3. 10 トキソプラズマ (*Toxoplasma gondii*)

概要：トキソプラズマ属に多くの種が提案されたが、現在では *T. gondii* が唯一の種である。トキソプラズマは孢子虫類に属し、ネコ科の動物が終宿主である。偏性細胞寄生性の原虫 (3-6 $\mu$ m) で、急性の無性生殖期の原虫を tachyzoite と呼ぶ。慢性の無性生殖期の原虫は bradyzoite と呼ばれ、これはやがて宿主の組織内でシスト形成におよぶ。自然界における生活史は無性生殖の場としてのげっ歯類と終宿主であるネコとの間を行き来することで成立している。ネコでの雄性生殖は腸管上皮細胞が場となり、オーシストが産生される。オーシストは外界で1-5日間の発育期間を要して (sporulation)、感染性を獲得する。オーシストの感染性は高く、人を含め多くの動物に感染する。従って、人への感染はオーシストあるいは各種食肉無しのシストの経口摂取による。

健康影響：人では不顕性感染が多い。一部では、(オー)シスト摂取後5-23日後に鼻かぜ様、あるいはリンパ節炎、肝脾腫を呈することがある。組織内で形成されたシストは、宿主の免疫状態の低下により再活性化され、播種性に広がり、中枢神経系や肺において重大な疾患を呈するに至る。免疫不全者においてこのような事態に発展すると致死性的となる。先天性感染では脈絡網膜炎、脳内石灰化、水頭症、重度の血小板減少症、痙攣、あるいははなはだしい場合には突発性流産、死産に至る。

環境中での挙動：トキソプラズマ症は世界規模で見られる。羊肉及び豚肉の15-30%はシストにより汚染されており、オーシストを排出しているネコはおよそ1%と推測されている。ヨーロッパにおける30才代の抗体陽性率はおよそ50%とされ、フランスではこの年齢で80%に近い値を示す。オーシストによる水系汚染の可能性は否定できないが、確立した検査法が無いことから浄水、下水とも情報は無い。また、水環境中での生存期間や存在様式などに関する情報も無い。定性的な結果であるが、糞便汚染された水系からのオーシスト検出例があり、オーシストは他の近縁種のオーシストと同等の耐性を示すものと考えられる。

感染経路オーシストによる感染は糞-口感染である。ネコの糞便に排出されたオーシストを摂取することで感染するものであるが、ネコに触れることでオーシストに汚染されるおそれもある。大多数の感染はシストにより汚染された食肉の摂食によるものと想定されている。飲料水を介した感染が報告されている。

飲料水との関連性：1995年のカナダにおける水系感染はネコの糞便の混入により発生したものであった。1997-1999年におよぶブラジルでの血清疫学によれば、未ろ過の水道水の飲用はトキソプラズマに対する抗体陽転のリスク因子と結論付けられた。このことから、トキソプラズマのオーシスト汚染防止は水道にとって必要と考えられる。トキソプラズマのオーシストに関しては水処理・消毒の工程でどのような挙動を示すのか不明であるが、恐らくろ過により除去できるものと思われる。一方、塩素やその他の消毒剤に対しては抵抗性であることが推測される。従って、大腸菌等はオーシストの存否の指標とはなりえない。オーシストの検出方法は確立されていない。この問題に対応するにはいわゆる WSPs 等による全工程管理と、原水の汚染防止が鍵となる。

## 文献

- Aramini JJ, Stephen C, Dubey JP, Engelstoft C, Schwantje H, Ribble CS (1999) Potential contamination of drinking water with *Toxoplasma gondii* oocysts. *Epidemiology and Infection* 122: 305-315.
- Bahia-Oliveira LMG, Jones JL, Azevedo-Silva J, Alves CF, Oréfice F, Addiss DG (2003) Highly endemic, waterborne toxoplasmosis in North Rio de Janeiro State, Brazil. *Emerging Infectious Diseases* 9: 55-62.
- Bowie WR, King AS, Werker DH, Isaac-Renton JL, Bell A, Eng SB, Marion SA (1997) Outbreak of toxoplasmosis associated with municipal drinking water. The BC Toxoplasma Investigation Team. *Lancet* 350: 173-177.
- Kourenti C, Heckerroth A, Tenter A, Karanis P (2003) Development and application of different methods for the detection of *Toxoplasma gondii* in water. *Applied and Environmental Microbiology* 69: 102-106.
- Neva FA, Brown HW (1994) *Basic Clinical Parasitology*. Prentice-Hall International Inc, London.
- Weber R (1999) Protozoa: Intestinal Coccidia and Microsporidia. In: Armstrong D, Cohen J (Eds). *Infectious Diseases, Vol 2*. Mosby, London.

## 2. 4 その他の微生物 (Other Microorganisms)

### 2. 4. 1 メジナ虫 (*Dracunculus medinensis*)

概要: *Dracunculus medinensis* はメジナ虫とも呼ばれ、アフリカやアジアの大部分（インド、パキスタン、イエメン）に分布するヒト組織内寄生性の線虫である。この寄生虫は西インド諸島とブラジルにも見出されるが、西半球ではヒトの疾病の原因とならないと信じられている。これらはフィラリアの仲間に入れられている。

健康影響: 感染の診断は皮膚表面に雌虫の個体が出現することに拠る。メジナ虫症 (dracunculiasis) に罹ると虚弱になるが、直接の死因となることは少ない。しかし、様々な臨床症状を引き起こす。火傷のような感覚を伴った皮膚の潰瘍が虫の進入部位に発生する。潰瘍の病巣に二次的に細菌感染が起こり、宿主に障害を与え、回復を困難にする。嘔吐、蕁麻疹、そして息切れ等の症状が次々に現れるが、これは虫による直接の毒性というよりもアレルギー反応に拠るものである。症状は数週間続き、この間に雌虫は幼虫を放出する。局所の治療は、雌虫が体から除去されて死んだ後に施される。

環境中での挙動: 血液や組織に感染する他の線虫と異なり、メジナ虫は、この寄生虫の中間宿主であるカイアシ類（淡水や海水に生息する小型の甲殻類）のいる水を飲むことで感染する。メジナ虫症の撲滅には世界中で大いに進展があったが、この病気がはびこっている国々がアジアやアフリカに多くある。世界中で残存しているメジナ虫症患者の3/4以上がスーダンに見出される。

感染経路: 中間宿主となるカイアシ類が摂取されると、メジナ虫の幼虫は消化管壁に侵入し、皮下組織の深部に潜り込み、成虫になる。その後、雌の成虫は皮膚のすぐ下に移動し、そこで潰瘍を形成する。感染した宿主が水と接触すると、多数の幼虫（ミクロフィラリア）が水中に放出され、ヒトへの新たな感染サイクルが始まる。

飲料水との関連性: 飲料水はメジナ虫の唯一の感染源であり、安全な飲料水の供給により撲滅可能な、唯一のヒトの寄生虫である。メジナ虫感染は水道水や覆蓋井戸水を飲料水として供給することで制御することができる。飲料水の汚染防止方法には、薬品処理や目の細かいろ過布によるろ過などがある。

## 文献

- Cross JH (1999) Helminths. In: Armstrong D, Cohen J (1999) *Infectious Diseases, Vol 2*. Mosby, London.
- Murray PR, Baron EJ, Pfaller MA, Tenover FC and Tenover RH (1999) *Manual of Clinical*



Microbiology. 7<sup>th</sup> edition. American Society for Microbiology, Washington D.C.  
 Neva FA, Brown HW (1994) Basic Clinical Parasitology. Prentice-Hall International  
 Inc, London.

WHO (1996) Guidelines for drinking-water quality. 2<sup>nd</sup> Edition Vol 2: Health criteria  
 and other supporting information. World Health Organization, Geneva. 973 pages.

#### 2. 4. 2 有毒シアノバクテリア (藍色細菌 Toxic Cyanobacteria)

概要：藍色細菌は多様な細菌類の集団である。光合成を基調とした生理活性を有すことから、ラン藻類 (Blue-green algae) と呼ばれる。糸状体として増殖することもあり、顕微鏡下で同定は用意である。

健康影響：多くのシアノバクテリアは蛋白毒を産生する。夏季の table に毒素産生シアノバクテリアをまとめた。毒素は肝臓障害、神経毒、発癌促進等を示す。急性症状としては胃腸障害、発熱、あるいは皮膚、目、耳、喉、呼吸器系への刺激が報告されている。シアノバクテリアは人体で増殖することは無い (感染性ではない)。

環境中での挙動：シアノバクテリアは底性の植物プランクトンである。富栄養下では大量発生することがあり、アオコ、ひいてはスカム形成に発展する。大量発生の結果、毒素量が増すことになる。

感染経路：飲料水、レクリエーションやシャワーに際しての取り込み、あるいは藻類由来の食品を介して摂取などが考えられる。シアノトキシンは繰り返しあるいは慢性的な摂取に注意が必要である。高濃度のシアノトキシンを含む水を用いて腎臓透析を行ったことによる死亡例が知られている。歯科治療に用いられる洗浄液が汚染されることで、皮膚や粘膜の刺激あるいはアレルギー反応が起きる可能性がある。

表 シアノバクテリアと産生毒素 リスト

Toxic species	Cyanotoxin
<i>Anabaena</i> spp.	Anatoxin-a(S), Anatoxin-a, Microcystins, Saxitoxins
<i>Anabaenopsis millenii</i>	Microcystins
<i>Aphanizomenon</i> sp.	Anatoxin-a, Saxitoxins, Cylindrospermopsin
<i>Cylindrospermum</i> sp.	Cylindrospermopsin, Saxitoxins, Anatoxin-a
<i>Lyngbya</i> sp	Saxitoxins
<i>Microcystis</i> sp.	Microcystins, Anatoxin-a (minor amounts)
<i>Nodularia</i> sp	Nodularins
<i>Nostoc</i> sp.	Microcystins
<i>Oscillatoria</i> sp.	Anatoxin-a, Microcystins
<i>Planktothrix</i> sp.	Anatoxin-a, Homoanatoxin-a, Microcystins
<i>Raphidiopsis curvata</i>	Cylindrospermopsin
<i>Umezakia natans</i>	Cylindrospermopsin

飲料水との関連性：低濃度のシアノバクテリア汚染はほとんどの表流水で認められる。富栄養化により水源での大量発生に繋がる。

#### 文献

Backer LC (2002) Cyanobacterial harmful algal blooms (Cyanobacteria): Developing a public health response. *Lake and Reservoir Management* 18: 20-31.

Chorus I, Bartram J (1999): Toxic Cyanobacteria in Water. World Health Organization, Geneva. 416 pages.

- Lahti K, Rapala J, Kivimäki A-L, Kukkonen J, Niemelä M, Sivonen K (2001) Occurrence of microcystins in raw water sources and treated drinking water of Finnish waterworks. *Water Science and Technology* 43: 225-228.
- Miller MJ, Fallowfield HJ (2001) Degradation of cyanobacterial hepatotoxins in batch experiments. *Water Science and Technology* 43: 229-232.
- WHO (1996) *Guidelines for drinking-water quality*. 2<sup>nd</sup> Edition Vol 2: *Health criteria and other supporting information*. World Health Organization, Geneva. 973 pages.

### 3. クリプトスポリジウム等の耐塩素性病原微生物対策および今後の課題

#### 3. 1 クリプトスポリジウム等への対策

厚生労働省においては、平成8年10月、「水道におけるクリプトスポリジウム暫定対策指針」（以下「暫定対策指針」という。）を策定し、クリプトスポリジウム等による汚染のおそれの検討及び汚染のおそれがある場合における適切なる過処理を指導してきた。また、平成12年に制定された水道施設の技術的基準を定める省令（平成12年厚生省令第15号）において、原水に耐塩素性病原微生物が混入するおそれがある場合にはろ過等の設備を設置すべきことが規定された。

この結果、我が国では原水中におけるクリプトスポリジウムなどの検出事例や浄水中での検出による給水停止事例は毎年報告されているものの、暫定対策指針策定の契機となった埼玉県越生町の集団感染（平成8年6月）以降に大規模な感染事故の発生はない。この事実や各国の状況、さらには今般のWHO飲料水水質ガイドライン案（3訂版）等に照らせば、暫定対策指針の基本姿勢及び水道事業体に求めた措置は正しかったものと判断されるが、万全を期すためには、今回の水質基準の改正を機に一層の対策の充実・強化を行っていくことが肝要である。

##### 3. 1. 1 基本的考え方

病原微生物を対象とした即時監視は技術的制約から現実的とは考えられない。従って、その対策の原則は、汚染を未然に防ぐことにあり、そのためにあらかじめ水源域における汚染源の特定、原水汚染の機会、程度、その変動等を把握することが重要である。その上で、必要な処理能力を有する設備の導入あるいは改善を図ることで安全が確保されるものである。

これまでのクリプトスポリジウムの集団感染事例から学ぶところは、高濃度汚染が一過性、あるいは間欠的に発生する点である。このような異常事態への対処方法は事前と事後に分けられる。望むべくは、事前に汚染を察知して事故を未然に防ぐことである。しかしながら、原虫そのものを対象として常時連続監視することは非現実的で、病原微生物については、常時監視が不可能であることから、水質管理の万全を期すためには、地域性などに応じ、原水汚染のおそれを事前に把握し、その上で、それに対応した管理を行うことが必要である。また、取水地点における原水濁度の急激な変化（上昇）などの意味付けを適正に行い、浄水管理に反映させることが望まれる。

一方、異常事態が発生した場合には、当該事態への速やかな対応が求められる。その際、集団感染の汚染源を特定することは被害を最小限にとどめるために、事後の措置として採るべき最重要課題の一つである。そのため、各浄水場においては配水の一部あるいはその沈渣を一定期間保存するシステムの導入を検討すべきものとする。

##### 3. 1. 2 効率的な除去方法の開発・導入

今回の報告では、クリプトスポリジウム等の除去対策としてろ過による対策を提言したところであるが、紫外線（UV）照射による不活化等の研究も進められており、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に対し顕著な不活化効果が示されている。

その一方でUV耐性を有する原虫類（トキソプラズマ）のオーシストの存在も知られるところとなっている。従って、その使用は特定の病原体を対象とした消毒措置として限定的に扱われることが妥当と考えられる。今後とも、これらの研究の発展に努めるとともに、有効と認められる場合には、除去対策として採用していくことが望まれる。

##### 3. 1. 3 原水の保全対策

クリプトスポリジウムやジアルジアは、人や家畜などの哺乳類から排泄され、それによって汚染された飲食物や飲料水を経由して人間が摂取することで感染するものである。従って、水道における感染防止対策としては、浄水処理工程での除去・不活化は不可欠であるが、基本は原水の保全である。この場合において、クリプトスポリジウムなどの耐塩素性の病原微生物に注意して対策を実施することが必要である。

##### 3. 1. 4 リスクの試算

暫定対策指針においては、検査の実行性の観点から、通常、試料水10Lを用いてクリプトスポリジウムの存在の有無を検査することとしているので、仮に、原水中に1個/10Lのクリプトスポリジウム・オーシストが検出された場合におけるリスクをWHOが提唱する参考許容値（Reference Level of Acceptable Risk、単位はDALYs）の考え方をを用いて試算すると、ろ過等の措置を行わない場合には、WHOの参考許容値（ $1.4 \times 10^{-6}$  DALYs）を大幅に上回る（100倍）。一方、浄水操作により2log除去（99%除去）が保証される場合には、リスクは概ねWHOの参考許容値と同程度の

水準になる。換言すれば、原水中に1個/10L程度の汚染であってもオーシストが検出された場合には適切な浄水操作が必要であることを示すものである。(参考1)

ところで、通常の日感染リスクが十分に低いものとする、年間感染リスクは日感染リスクの和に近似することができる。その結果、感染リスクに係る様々な変動要因がある中で、年間感染リスクは特異的に高い値を示す日感染リスク値に強く影響される。言い換えれば、その特異的に高い値を発生させない措置を講じることで年間感染リスクは低く抑えられることが、原水中のオーシスト調査の結果を基にしたモンテカルロ・シミュレーションにより示されている。(参考2)

このシミュレーションでは、相当量の浄水に存在するオーシストを常時監視し、その結果を日々の給・配水の可否判断に反映させるという想定となっており、実際上の浄水管理には適応し得ないものである。しかしながら、このシミュレーションにより、年間感染リスクに影響する変動要因が種々ある中で、年間感染リスクは特異日の感染リスクに大きく影響されていること、その特異日を排除する(発生させない)ことが安全につながるという方向性が明確に示されている。

これを実際の浄水場の運営に当てはめれば、「特異日を発生させない」措置とは、暫定対策指針に示される「ろ過施設の整備と浄水工程の管理強化」である。

(詳細についてはY. Masago, H. Katayama, A. Hashimoto, T. Hirata and S. Ohgaki (2002). Assessment of Risk of Infection Due to *Cryptosporidium parvum* in Drinking Water, *Water Science and Technology*. *Water Science & Technology* 46(11-12): 319-324. 参照のこと。)

### 3. 1. 5 クリプトスポリジウム等による汚染のおそれの判断

クリプトスポリジウム等による汚染のおそれについては、暫定対策指針において、「水道の原水から大腸菌群が検出されたことがある場合」又は「水道の水源となる表流水、伏流水若しくは湧水の取水施設の上流域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、指標菌(大腸菌及び嫌気性芽胞菌)の検査を行い、これが検出された場合に「汚染のおそれ」があると判断することとされている。しかしながら、排水処理として塩素消毒がなされている場合があることを想定すれば、大腸菌を指標とすることに蓋然性を欠く事態も生じ得る。

クリプトスポリジウム等による汚染は、水源域における人間又は哺乳動物の糞便処理施設などの汚染源、降雨や融雪などに伴った農業用地からの流入汚染、野生動物の活動などを主たる原因とし、また、レクリエーション等のための水源への人の出入りや地層の亀裂など地質学的な特性も汚染につながる要素となる。汚染のおそれの判断基準については、さらに検討を加え、より精緻なものとする必要がある。

### 3. 1. 6 水質管理体制の充実

水質基準の項目については、リアルタイム・モニタリングが可能なものは限られており、水質管理に万全を期するためには、地域性や原水の質、浄水方法などに応じ、水質基準への不適合の可能性を事前に把握し、その上でそれに対応した管理を行っていく必要がある。また、今後は、食品衛生分野における危害分析・重要管理点(HACCP)やWHOにおける水安全計画(Water Safety Plans)などを参考に、水質管理自体の質の確保体制を確立していく必要がある。

## 3. 2 不快生物及びウイルス対策

### 3. 2. 1 不快生物

水道水系には、いわゆる病原体とは異なり直接的な健康被害の原因とはならないが、消費者に不快感を与え、あるいは水道の障害の原因となる微生物が知られている。特に、線虫類のように活発な運動性を有する微小動物は一連の浄水処理工程で捕捉されにくいことが知られている。こういった生物に関しても、混入や繁殖の防止対策、漏出が認められた場合における原因、汚染場所、病原性の有無等に関する解析・検討体制の整備などについて検討を行っていくことが必要である。

### 3. 2. 2 ウイルス

腸管系ウイルスの水系伝播は周知のところであるが、分離・培養法が確立しているものは極めて限られていることから、その実態は不明な点が多い。現行の塩素消毒を含む一連の浄水処理はウイルスの水系伝播阻止に効果を上げているものと推測されるが、水道水の安全確保に万全を期するためにも、ウイルス汚染対策、特に検出方法等に関する研究を進めていくことが必要である。