

開発途上国における水系感染症とその実態

奥 沢 英 一, 濱 田 篤 郎

Waterborne infectious diseases in developing countries

Eiichi OKUZAWA and Atsuo HAMADA

どこの国でも、制度上、「水道は飲用に足る安全な水を供給する」ことになっている。しかし、安全な飲料水を供給するのは容易なことではない。仮に、1個の病原体を摂取すれば100%感染する病原体が水道水を汚染し、1 m³あたり0.1個の割合で混入したとする。ヒトが一日に飲用する水が1.2リットルとして、100人で年間40 m³の水を飲み、うち4人が感染する計算となる。つまり水道水をそのまま飲用すれば、1 m³あたり0.1個の汚染で、年間の感染率は4%にも達する。

近代水道が普及する以前には、腸チフス、細菌性赤痢、コレラといった消化器系感染症が飲料水を介して伝播していた。1893年米国のMillsはLaurence市（マサチューセッツ州）で、いままで川の水を未濾過のまま供給していたのを濾過水供給に切り替えたところ、腸チフス死亡率のみならず一般死亡率の著しい減少を認めた。この現象は、後にMills-Reinckeの現象と呼ばれるようになり、この認識を背景として世界各地に近代水道が導入されることとなった。

現在、都市の水道水は主に急速濾過と塩素消毒でまかなわれている。急速濾過では原水中微生物の99～99.9%が除去できるといわれているが、100%除去されるわけではない。先進国では近代水道設備が十分にメンテナンスされており、水系感染症の発生は一定頻度以下に抑え込まれている。しかし、いくつかの悪条件が重なった場合、時に大規模な集団発生がおこる。ただし、古典的な消化器系感染症（腸チフス、赤痢、コレラなど）の流行は稀で、塩素消毒が効かない原虫類が問題視されている。

一方、途上国では経済的な問題から、近代水道設備のメンテナンス自体が不十分な状況である。加えて水需要に対して十分な量が給水されないため、水道管が汚水を吸い込んでいると思われる。水道水の汚染は日常的に一定水準で発生している。今でも古典的な消化器系感染症が多発しており、その一部は水系感染と推定される。

A. 上水道システムとその異常

近代水道は、水源から採取した原水を浄化した後、水道

管を通して末端（蛇口）まで輸送するシステムである。良質な原水を十分量確保することが、良質な水道水を供給する大前提となる。第1に、水源が濁水すれば、必然的に質の悪い原水を集めることになり、結果として水道水の質も低下する。第2に、断水は水道管内圧の変化を引き起こし、水道管の劣化を促進し、輸送レベルの汚染（水道管への吸い込み）を引き起こす。第3に、水の供給が不安定になると、末端での貯水槽設置が促進され、末端での汚染リスクも増大する。熱帯地方の乾季、乾燥地帯では年中、水道水は汚染されていると疑うべきである。

A-1 原水

水源から採取された原水は、浄水処理を経た後に水道水となる。日本でも水源の水は、程度の差はあれ濁りがある。これが、浄水処理で透明な水に変わるのである。ただし、通常の浄水処理は病原体の濃度を軽減するだけで、病原体を完全に除去する処理ではない。原水が著しく汚染された場合、水系感染症（表1）のアウトブレイクが発生する可能性がある。原水の汚染は少ない方が良いのである。

地下水を水源としている場合はともかく、地表水（河川水など）を水源としている場合、水源は生活圏（ヒトや家畜の排泄物による汚染が避けられない）から離れた場所に求めることが望ましい。しかし、熱帯地方の大都市でこれは望めない。第1に、急激な人口増大に伴って、膨大な水の供給を要求される。第2に、生活圏の拡大に伴って、時間がたてば郊外にも汚染が拡大してゆく。第3に、途上国の経済状態では、遠方の水源からの輸送路を建設することが困難である。こういった理由から、途上国の大都市は病原体に汚染されている可能性のある水を原水としているのが通常である。乾燥地帯の都市には、生活排水を再生して上水道の原水として使用している場合もある。

A-2 浄水処理

原水の汚染が著しい場合でも、水道システムが正常に機能していれば、飲料水に混入する病原体は一定水準まで除去される²⁾。米国の表流水処理規則では、ジアルジアと腸管系ウイルスの感染リスクは10⁻⁴/年まで許されるとした上で、

表1 主な水系感染症

	疾患名	病原体	感染源	主な感染様式
細菌	コレラ	<i>Vibrio cholerae</i>	ヒトの排泄物	飲料水, 糞口感染, 食品 (貝類, 汚染野菜)
	細菌性赤痢	<i>Shigella</i>	ヒト, 霊長類の排泄物	糞口感染, 飲料水, 日用品, fomites
	腸チフス	<i>Salmonella typhi</i>	ヒトの排泄物	糞口感染, 食品, ハエ, 飲料水
	サルモネラ腸炎	<i>Salmonella</i>	ヒト, 哺乳類, 爬虫類の排泄物	食品 (牛乳, 卵, 肉など), 糞口感染
	キャンピロバクター腸炎	<i>Campylobacter</i>	ヒト, 哺乳類, 鳥類の排泄物	飲料水, 食品
	大腸菌下痢症	<i>Escherichia coli</i>	ヒト, 哺乳類の排泄物	食品, 飲料水, 糞口感染
	プレシオモナス感染症	<i>Plesiomonas</i>	魚類・各種動物の排泄物, 土壌中で増殖	飲料水, 食品
	エルシニア症	<i>Yersinia enterocolitica</i>	各種哺乳類の排泄物	食品 (肉, 牛乳), 飲料水, 糞口感染, 血液
	レプトスピラ症	<i>Leptospira</i>	ネズミ, 各種哺乳類の排泄物	飲料水, 土壌, 尿との接触
	レジオネラ症	<i>Legionella</i>	水中で増殖	飲料水, エロゾルの吸入
ウイルス	ポリオ	poliovirus	ヒトの排泄物	糞口感染, 日用品, 食品, 飲料水
	A型肝炎	HA virus	ヒト, 霊長類の排泄物	糞口感染, 食品, 飲料水
	E型肝炎	HE virus	ヒトの排泄物	糞口感染, 飲料水, 貝類
	ロタウイルス	rotavirus	ヒトの排泄物	糞口感染, 飲料水
	ウイルス性胃腸炎	Norwalk virus	ヒトの排泄物	食品, 飲料水, 貝類, 汚染野菜
原虫	赤痢アメーバ症	<i>Entamoeba histolytica</i>	ヒトの排泄物	食品, 飲料水, 性行為
	ジアルジア症	<i>Giardia intestinalis</i>	ヒト, ビーバーの排泄物	食品, 飲料水, 糞口感染
	クリプトスポリジウム症	<i>Cryptosporidium parvum</i>	ヒト, 各種哺乳類の排泄物	食品, 飲料水, 性行為
	大腸バランチジウム症	<i>Balantidium coli</i>	ブタ, サル, ネズミなどの排泄物	食品, 飲料水, 性行為
蠕虫	包虫症	<i>Echinococcus</i>	キツネ・イヌの排泄物・土壌	飲水時に虫卵を摂取
	メジナ虫症	<i>Dracunculus medinensis</i>	水中のケンミジンコ	飲水時にケンミジンコを摂取
	住血吸虫症	<i>Schistosoma</i>	淡水の貝類から遊出した虫体	水浴び (接触感染), 飲水

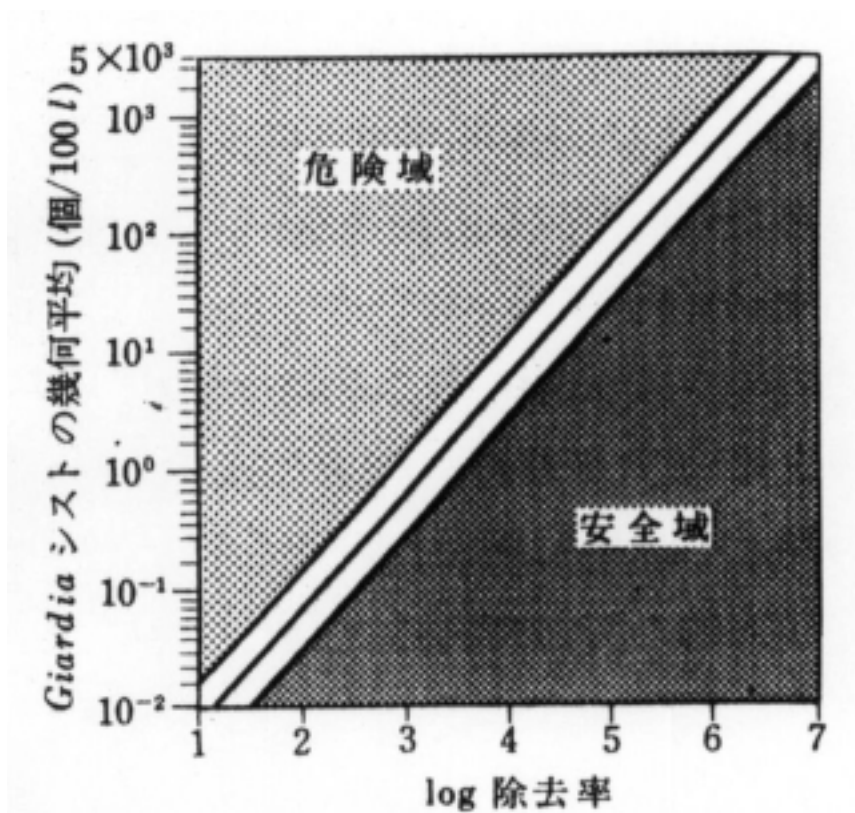


図1. 年間感染リスク 10^4 を満足するための原水中の Giardia シストの濃度と浄水過程での除去率の関係 (文献2のp.448より引用)

原水の汚染度に応じた浄水設備を規定している (図1)。正しく設置された浄水設備と配水設備が設計通り機能していれば、少なくともアウトブレイクは発生しないはずである。しかし現実には、何らかの理由で浄水処理が不十分となり、先進国でアウトブレイクが発生した事例がいくつか知られる。浄水段階で汚染が発生した場合、水源を同じくする地域全体で患者が多発する。

1. 濾過

水中の不純物 (不溶性物質) を物理的に除去する処理である。濾過処理が不十分な場合、水道水に濁りが発生する。

(1) 緩速濾過: 薬品は使用せず、緩速沈殿池 (砂層) を通して濾過する方法。近代水道導入初期から行なわれている方法で、150年以上にわたる実績がある。各種病原体を99.9~99.99%除去する能力があるとされている。大量の水を処理するのに適さないため、現在では限られた地域でのみ使用される。

(2) 急速濾過: 原水に薬品を投入し前処理 (凝集沈殿) を行なった後、急速沈殿池 (ふるい) で濾過する方法。大量の水が処理可能で、この方法が現在の主流。病原体除去の効率は前処理の条件 (原水の濁度、薬品投入量、水温など) に左右されるが、適切に運用されれば、病原体の99~99.9%は除去できる。しかし、河川の急激な増水によって浄水処理が不十分となり、クリプトスポリジウム症が集団発生

した事例がある¹⁾。この流行に先行して、浄水場で急激な濁度上昇が観察されている (図2)。

(3) 膜モジュール: 膜を濾過装置としてコンパクトにしたもの。大規模処理には、処理速度とコストが問題となる。適当な膜を選べば、原虫や細菌はほぼ100%除去できるが、ウイルスは完全に除去できない。

2. 消毒

病原体を死滅させるための処理である。不純物が多いと効果が落ちるので、原則として、濾過後に行なう。方法によっては、原虫やウイルスに十分な効果が期待できない²⁾。

(1) 化学物質による消毒: 塩素、二酸化炭素、オゾン、臭素、ヨウ素などがあげられる。塩素消毒が最も一般的であるが、原虫類には効果が低いこと (表2)、水中の有機分と反応して人体に有害な副生成物が発生するおそれがある等の欠点が指摘されている。

(2) 物理的方法による消毒: 熱消毒、紫外線照射、放射線照射などの方法がある。経済的に非効率であるが、効果・安全性の点で優れた消毒法である。

現在は、急速濾過の後に塩素消毒を行なう方式が主流である。経済性を無視すれば、膜モジュールによる濾過や熱消毒で作られた飲料水の方が安全である。衛生不良地域で飲料水を調達するための緊急避難措置としては、こういった方法が推奨される。

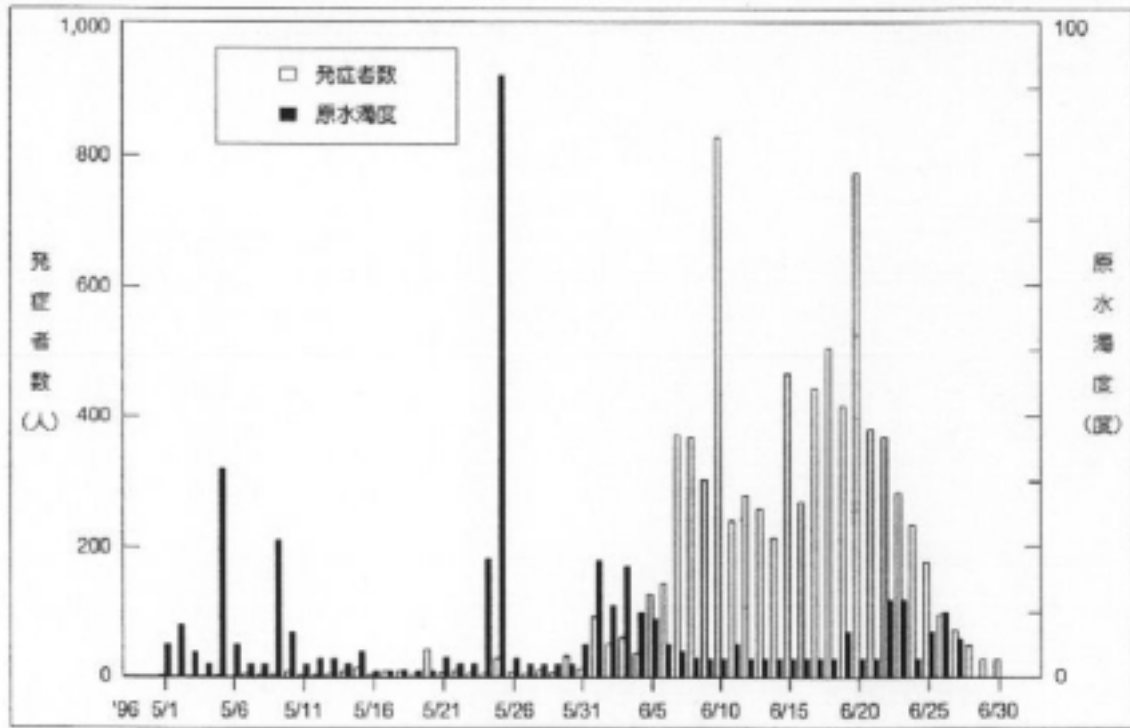


図1 原水の日最高濁度と発症者数

1996年5月24日夜に集中豪雨があり、25日の最高濁度は92度に上昇した。発症者数のピークは6月10日と20日である。

図2. 1996年埼玉県越生町でのクリプトスポリジウム集団発生：原水の日最高濁度と発症者数

表2 塩素消毒による病原体の不活化

病原体		残留塩素 (mg Cl/l)	水温 (°C)	pH	接触時間 (min)	不活化率
細菌	Esherichia coli	0.2	25	7.0	15	99.996~99.998
	Campylobacter jejuni	0.1	4	8.0	5	99.98~99.998
ウイルス	rotavirus	0.1	4	8.0	0.5	99.9
	HA virus	0.5	5	6.0	6.5	99.99
原虫	Giardia lamblia	2.5	5	6.0-8.0	19-26	90
	Cryptosporidium	30,000	4	7.0	18 hrs	< 95

(注. わが国の水道水の残留塩素は0.1mg/l)
水質衛生学 (文献3) p.298-299の表より抜粋.

A-3 給配水

浄水処理された水は、いったん浄水池(配水池)に蓄えられた後、水道管に入る。水道管は分岐を繰り返す、水道水は最終的に蛇口まで輸送される。この途中で、水道水が病原体に汚染された場合、汚染地点から下流に患者が多発する。蛇口レベルで汚染された場合、家庭内あるいは同一屋内で集団発生する。わが国でも、ビルの貯水槽が汚染され、クリプ

トスポリジウム症が集団発生した事例がある。途上国には、浄水後の汚染がおこりやすい条件が数多くある。

- (1) 浄水池の汚染： 洪水などで浄水池が汚染される場合がある。この場合、水源を同じくする地域全体で患者が多発する。
- (2) 水道管への吸い込み： 熱帯地方では、乾季に深刻な水不足に悩まされる。断水の時期になると、各家庭がポンプを使って水道から水を汲み上げる。この結果、水道管の内

圧は急激に変化する。途上国では水道管のメンテナンスが不十分な上に、急激な水圧変化は水道管をさらに傷める。また、ポンプで水道管から水を引けば、水道管内は陰圧となる。先進国では水道管に亀裂ができれば水が噴き出すが、途上国の水道管は亀裂ができれば水を吸い込む。破れた水道管の上にトイレや畜舎があれば、水道水に大量の病原体が侵入することになる。

(3) 末端での汚染：ポンプで吸い上げた水を貯める貯水槽もまた汚染地点として重要である。ヒトの手による汚染、排水の混入などがしばしば発生する。また発展途上地域の貧困層はしばしば一つの蛇口を共用している。井戸端会議の場所では年中汚染が散発していると思われるが、難民キャンプでは時に大規模な流行となる。

こういった汚染を回避するには、給配水設備を整備すると同時に、年間を通じて十分な水を安定供給できる水源を確保することが大切である。

B. 水系感染症の発生メカニズム

水系感染症は、上水道システムの潜在的な異常が存在するところに、何らかの要因が引き金となって水道水に病原体が混入し、結果的に患者の集団発生がおこるものである。疾病の原因となる病原体の存在、水道システムの異常、結果として発生する疾病の流行という3つの観点から把握する必要がある。

B-1 病原体の発生源と汚染の広がり

表1にあげた病原体の多くは経口的に感染する（エロゾル吸引で感染するレジオネラ症、水浴びで感染する住血吸虫症などは例外）。以下、経口感染する病原体の中で、水系感染をおこしやすい病原体の特徴を述べる。

(1) 病原体が糞便に出現する：表1の感染源の欄に注目すると、ヒトあるいは動物の糞便に出現する微生物が多いことがわかる（メジナ虫などを除く）。水系感染症の多くは、飲料水が糞便に汚染されることで発生する。

(2) ヒト由来の病原体が重要である：水系を汚染した病原体は、冒頭に述べた通り、大量の水で希釈される。一般にヒト由来の病原体は少量で感染するため、軽度の汚染でも流行がおこる。一方、動物由来の病原体は濃厚汚染の場合に問題となる（表3）。ヒト由来の病原体は人体内で増殖するため、二次感染（非水系）もおこす。

こういった病原体が存在しなければ、水系感染症は発生しない。この視点から、先進国と途上国を比較してみる。

(1) 感染源が多い：途上国では経口感染症の患者が発生しても、早期治療が困難な場合がしばしばあり、患者は長期間にわたって病原体を排出し続ける。また熱帯地方には牧畜の盛んな地域が多い。牧草地帯は、常に家畜やネズミの排泄物に汚染されている。

(2) し尿処理が不十分：かつてわが国において、し尿は貴重な肥料として利用されてきた。肥溜めの中では多数の嫌気性微生物が繁殖し、発酵熱によって病原体は死滅した。し

表3 水系汚染する病原体の感染性

病原体		排出者	排出期間	感染菌数	飲料水の許容限界
原虫	<i>Entamoeba histolytica</i>	ヒト	数ヶ月以上にわたる	1 cyst(?)	
	<i>Giardia intestinalis</i>	ヒト、ビーバーなど	数ヶ月以上にわたる	1 cyst(?)	7/1,000m ³
	<i>Cryptosporidium parvum</i>	ヒト、ウシなど	約2週間	30 oocysts	30/1,000m ³
ウイルス	HA virus	ヒト、サル	約1ヶ月	1~10PFU	不明（定量法なし）
	poliovirus 1	ヒト	発症前後の数日間が多い	1~10PFU	15/1,000m ³
細菌	<i>Vibrio cholerae</i>	ヒト	1~2週間	10 ³	
	<i>Shigella dysentery</i>	ヒト、サル	2~3週間	10 ¹⁻²	
	<i>Salmonella typhi</i>	ヒト	第2週以降. 長期排菌者あり	10 ⁵ ?	
	<i>Salmonella typhimurium</i>	動物由来	1~3週間	>10 ⁵	
	<i>Salmonella enteritidis</i>	動物由来		>10 ⁶	

注. 許容限界は年間感染リスク10⁻⁴に達する汚染濃度。

かし戦後, し尿の農業利用が年々減り, 一方で都市人口は急増した. 結果として, し尿を山間部や海洋に投入するにいたって, 環境の悪化を招く結果となった. 途上国の都市でも人口急増に伴って, し尿処理が不十分となりがちである.

(3) 水源での繁殖: 温帯地方の水源は0~20℃の範囲内にあり, 30℃を超えることはまれである. 一方, 熱帯では15℃以下になることはまれで, 45℃に達する地域もある. さらに, 熱帯の水源は年間を通じて光強度が強く, 過栄養の状態にある. このため, 水源で各種の藻類や細菌が繁殖する. もともと水温が高く溶存酸素が少ないことに加え, 多数の微生物が繁殖するため, 一定深度以下は全くの嫌気状態となる. つまり, 熱帯地方の水源は中温・嫌気環境で, 腸管由来の微生物が長時間生存できる環境となっている⁽³⁾. これも熱帯の途上国で水系感染症が多発する要因となる. このように途上国では, 水系感染症を引き起こす病原体があちこちに存在する. これが水源を汚染し, 水道管の周辺を汚染し, 蛇口を汚染するのである.

B-2 水道水の汚染 (上水道システムの不備)

水道水の汚染事故をもたらす要因として, 浄水処理の不備と浄水後の汚染が区別される. 先進国での汚染事故は浄水処理の不備によるものが多い (表4). しかし, 途上国では浄水後の汚染に注目すべきと思われる.

先進国の水道水から大腸菌群が検出されることはまれであるが, 途上国の水道水からは大腸菌群がしばしば検出される⁽⁴⁾. 水道水の汚染が軽度なら, 残留塩素によって細菌は死滅する. しかし濃厚な汚染で水道水中の有機炭素濃度が上昇した場合, 消毒効果は薄れる. 消毒が不十分あるいは浄水後に大量の汚水が混入している事態が疑われる.

B-3 結果としての疾病流行

水系感染症の一般的特徴として, 下記があげられる.

(1) 主に小児や老人が発病する: 下痢を主症状とする経口感染症は, 飲水のほか, 飲食あるいは直接の接触などでも感染する. 水系感染の場合, 無症候感染がしばしばみら

れ, 一定数以上の病原体を摂取した場合のみ発病すると考えられている. そして, 感染症に対する感受性が高い小児, 老人, 胃の無酸症患者などが発病する.

(2) 広域発生: 飲食を介した感染や直接感染の場合, 地理的に狭い範囲内で患者が多発するのが通常である. これに対して, 水系感染では広域に患者が発生する. ただし, 患者が多発した場合, 患者発生を地図にプロットすれば, 共通の水道を利用する地域に限定されることがわかる.

(3) 同時発生: 水道水が汚染された日から, 一定の潜伏期を経た後に, 患者が多発する.

このように水系感染症の発生は「多数の人が時期を同じくして広域に発病すること」によって認識される. 蛇口レベルで汚染が発生した場合, 食品を介した感染や直接感染との区別が困難となる.

C. 水系感染症の流行事例

合衆国における水起因疾患の原因別発生件数を表5にあげる. かつて腸チフス菌による汚染事例が大部分を占めていたが, 現在では病原体が多様化している. これは以下のような説明が可能である.

- ・患者の治療や水の消毒といった対策が功を奏して, かつて猛威を振っていた細菌感染症は制圧されてきた. かわって, 塩素消毒の効きにくい原虫類による疾患, 有効な治療法がなく一定の患者発生があるウィルス性疾患などが台頭してきた.

- ・診断技術の向上に伴って, かつて見逃されていた病原体が検出されるようになった. あるいは, その存在自体がかつては知られなかった病原体が認知されるようになった.

途上国での水系感染症の発生事例を調べてみると, 報告は意外と少ない. 途上国では感染症の発生自体が日常的で, 水系汚染で患者が集団発生しても, これを確認することが困難なのであろう. 数少ない報告から, 現状を推測する以外にない.

C-1 細菌性疾患の流行状況

途上国では, コレラ, 赤痢, 腸チフスといった疾患が,

表4 公共水道における水起因疾患の発生要因 (発生件数)

	米国 (1989-1992)	スコットランド
浄水処理	80%(45) ・ 表層水を無処理給水 2%(1) ・ 地下水を無処理給水 21%(12) ・ 不十分な浄水処理 57%(32)	33% ・ 不十分な浄水処理 33%
配水系統	14%(8)	67% ・ 不適切な貯留 34% ・ 鉛管からの溶出 22% ・ クロスコネクション, 配水管修理の際の汚染 11%

参考文献: 水質衛生学 (文献3), p.48-59

表5 米国における水起因疾患の原因（発生件数）

原因		1920-1940	1941-1960	1961-1970	1971-1990
原虫性疾患	アメーバ症	0.4%(2)	0.4%(2)	0.2%(3)	0.2%(1)
	ジアルジア症			0.2%(3)	18%(110)
	クリプトスポリジウム症				0.3%(2)
細菌性疾患	細菌性赤痢	1.9%(10)	5.9%(25)	15%(19)	7%(42)
	腸チフス・パラチフス	70%(372)	23%(97)	11%(14)	0.8%(5)
	サルモネラ症		0.9%(4)	6.9%(9)	2%(12)
	カンピロバクター腸炎				2%(12)
	病原大腸菌			3%(4)	0.3%(2)
	コレラ				0.2%(1)
ウイルス性疾患	A型肝炎	0.2%(1)	5.4%(23)	23%(30)	4%(26)
	ポリオ		0.2%(1)		
	ウイルス性胃腸炎				5%(27)
胃腸炎（原因不明？）		27%(144)	63%(265)	30%(39)	49%(293)
化学物質		0.2%(1)	1.0%(4)	7%(9)	9%(56)

参考文献：表4に同じ

表6 最近のコレラ発生状況

地域	状況
アフリカ	東部アフリカでは1997年9月頃より異常気象による大雨の影響で大規模な流行が発生し、ケニア、ソマリア、タンザニアなどで現在も流行が続いている。南部アフリカでも1998年より流行が発生し、特にマダガスカル西部では1999年3月までに1,000人以上が死亡した。
中南米	最近では沈静化しているが、1998年になり異常気象による大雨の影響で、前年よりやや増加している。また98年末になりハリケーンによる水害の影響で、グアテマラなど中米諸国で患者が多発した。
アジア	各地で散発しているが、最近ではアフガニスタンのカブールなどで1999年5月から7月に14,000人の患者が発生した。

未だに問題となっている。その理由として、患者の治療が不十分で環境中に排出される病原菌が多いこと、環境中で病原細菌が増殖できること、給配水過程での汚染が多いことなどが挙げられる。

(1) コレラ： コレラは熱帯地方において重要な疾患で、大規模な流行は主に水系汚染で発生する。感染者のほとんどは無症状で、発病した場合でも典型的な水様下痢を呈する例は10%以下である。患者が排出する水様便には 10^7 ~ 10^8 /gのコレラ菌が含まれ、 10^2 ~ 10^3 個を経口摂取すると感染する。温帯の水中では13時間でコレラ菌の90%が死滅するが、熱帯では長期間にわたって生存する⁽³⁾。コレラはインド、ベン

ガル地方の風土病であったが、現在まで7回にわたる世界的流行（パンデミー）をおこしている。1961年に始まった第7次パンデミーは終息の気配なく、現在、熱帯地方ほぼ全域に広がっている。表6に現在の流行状況を示す。1998年には全世界で293,121人の患者が発生し、10,586人が死亡した。このうち72%はアフリカで発生している⁽⁶⁾。

(2) 細菌性赤痢： 細菌性赤痢は感染性が強く、発病率も高く、かつ症状が特徴的（血便）なので、流行は比較的把握しやすい。表7に最近の流行事例を挙げる。主としてヒトからヒトに直接伝染する疾患であるが、水中で長時間生存できるため、塩素消毒が不十分な場合、水系感染も発生する。

表7 赤痢の流行事例

時期	地域	コメント
1968~1972年	中米	10万人以上が発病, 2万人が死亡
1979年	ザイール東部	以降赤道アフリカで散発するようになった
1997年11月	カメルーン	志賀菌による流行. 237人が発病し, 60人が死亡
1999年12月~1月	シエラレオネ	志賀菌による流行. 3,000人以上が発病, 100人死亡
1999年11月~1月	レソト	1,800人以上が発病
1999年10月上旬	南部シベリア	上水道汚染により336人が発病

二次感染(非水系)による流行拡大を伴う場合がある。特に、志賀菌 *Shigella dysenteriae* の感染は重症化しやすく、アフリカ、南アジアに多く見られる⁹⁾。

(3) 腸チフス：腸チフスの伝播については不明な点が多い。他のサルモネラに比べて少量の菌体摂取で感染するが、下痢が著しくないため一人の患者が排泄する菌体数も少ない。臨床的には発熱患者の血液から菌が検出された場合に腸チフスと診断するが、感染経路が判明した例は糞口感染(濃厚感染)と推定される例が多い。途上国では抗体陽性者が多いことが知られており、これが特異反応であるとするれば、水系を介して無症候感染が多発している可能性が疑われる。感染者の一部は持続排菌者となることが知られており、これが感染源として重要である。大規模な集団発生で水系汚染と判明した事例は比較的少ないが、1996年ウズベキスタンで浄水システムの故障により7,500人が発病したとの報告がある⁷⁾。

(4) 大腸菌下痢症：先進国ではO-157:H-7等のベロ毒素産生大腸菌(VTEC)による水系汚染がしばしば問題となっているが、途上国では、毒素原性大腸菌(ETEC)や病原性大腸菌(EPEC)による水系汚染が多い。前者はコレラ様毒素を産生するもので、後者はサルモネラに類似の病原性を有する。いずれも小児の下痢症や旅行者の下痢症の原因として重要である。

(5) サルモネラ腸炎, キャンピロバクター腸炎：いずれも動物の排泄物から感染する。先進国でも牧畜の盛んな地域では患者が散発する。大量の病原体を摂取した場合のみ感染・発病する疾患であり、多少の汚染では患者発生につながらない。こういった疾患が水系流行する背景には、水道システムの重大な欠陥があると思われる。

C-2 ウィルス性疾患の流行状況

病原体はヒトに固有のものが多い。このため感染者が減少すれば、感染源も減少し、新たな患者発生も減る。ウィルス性疾患には有効な治療法がないため、衛生状態と集団免疫がアウトブレイクを規定する。

(1) A型肝炎：途上国では、主に小児や旅行者の感染が問題となっている。現地住民は10歳までにほぼ100%が感染するため、集団免疫が大流行を抑制する。ウィルスは水道

水を汚染していると思われるが、水系流行の報告は少ない。しかし、集団免疫が低下している中進国においては、水系を介したアウトブレイクが発生することがある⁸⁾。

(2) E型肝炎：E型肝炎は、A型肝炎に比べて感染性が弱い。途上国においても集団免疫が弱い。このため水系汚染によるアウトブレイクが起こりやすい。インドのニューデリーで1955年12月から翌年1月にかけて、飲料水を介して3万人の患者が発生した。これ以降も、南アジア、中央アジア、アフリカ、メキシコ、中国で、水系汚染による流行が報告されている。特に中国ウイグル地方での1956年の流行では12万人の患者が発生した⁹⁾。

C-3 原虫性疾患の流行状況

塩素消毒に抵抗性を示すため、先進国では水系汚染する病原体として重要視されている。途上国では感染者が多く、水や食品を介した感染にも注意が必要である。

(1) 赤痢アメーバ症：赤痢アメーバは感染者が多く、かつ病原性も強い。腸管寄生原虫の中では最も重要なものである。先進国では水系汚染する病原体として重要視されている。しかし、赤痢アメーバのシストは高温環境下において生存時間が短縮する(図3)。このため熱帯地方では食品を介した感染の方が重要であろう¹⁰⁾。

(2) ジアルジア症：原水への下水混入あるいは小動物の排泄物による汚染で水系流行した事例が知られる。有名な事例として、1976年春ワシントン州で発生した流行で、取水口近くに生息していたビーバーがジアルジアに感染していたとの報告が挙げられる¹¹⁾。感染リスクを 10^{-4} /年以下にとどめるには、水道水の汚染を7/1,000 m³に抑える必要がある。水道水の安全性を確認することは実質的に不可能で、このため水系汚染する病原体として重要視されている。途上国では小児や旅行者の感染がとりあげられることが多い。直接伝播や食品を介した感染も重要と思われる。

(3) クリプトスポリジウム症：赤痢アメーバ症やジアルジア症と違い、激しい下痢をおこす急性感染症である。1993年、米国ミルウォーキーで発生した水系汚染では40万人を超える患者が発生した。その後、他の先進国(英国、日本など)でも水道水を介した集団発生が報告されている¹²⁾。患者が排出する水様便には 10^7 /gのオーシスト(感染型虫体)が含

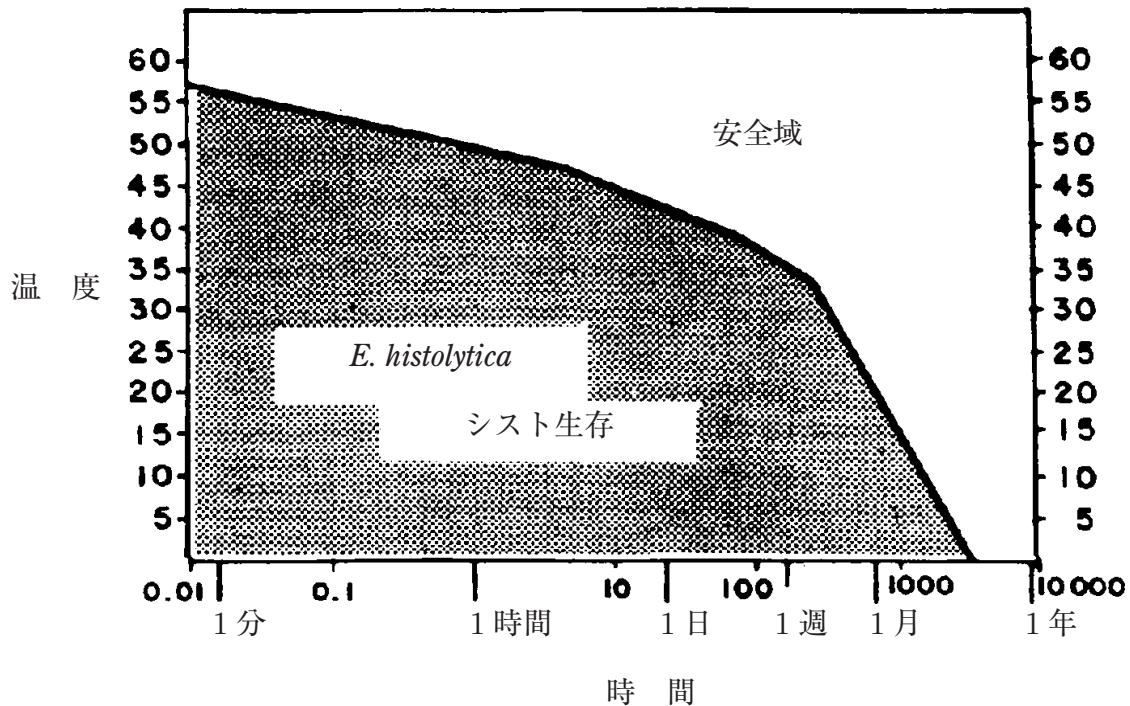


図3. 赤痢アメーバのシスト生存時間に対する温度の影響 (文献10のp.107より引用)

まれ、このうち30個を経口摂取すると感染することが知られている。感染リスクを 10^{-4} /年以下にとどめるには、飲料水の汚染を $30/1,000\text{ m}^3$ まで下げる必要があるが、先進国でも今もってこの水準には達していない。一方、途上国では、もっぱら乳児下痢症や旅行者下痢症の原因として重要視されている。全体の患者発生に対して水系感染がどの程度関与しているかは定かでない。

D おわりに

熱帯地方は、温帯と気候や生態系が異なる。腸管由来の病原細菌が外界で生存しやすい環境にある。加えて、経済的な問題から医療環境や水道設備が十分に整備されていない。水系を介して各種の感染症が伝播する条件はそろっている。そして水系流行することが知られる感染症が蔓延している。しかし、開発途上国で水系汚染による患者発生が確認された事例は意外と少ない。流行事例の多くは見逃されていると思われる。この点に関して、今後さらなる調査・研究が必要であろう。

参考文献

(1) 山本徳栄, 中川善雄, 羽賀道信: 水道水によるクリプトスポリジウム症の集団感染例--国内および海外の事例. 化

学療法の領域 Vol.14. No.2, p.41-49

- (2) 金子光美編: 病原微生物によるリスク評価. 水質衛生学 p.435-489, 技報堂出版, 1996
- (3) Gordon A. McFeters編: 熱帯地域の水源地, 飲料水の微生物学 p.29-54, 技報堂出版, 1994
- (4) 月館説子: 途上国の水事情. 海外医療 20:p.20-26, 1998
- (5) WHO: Cholera, 1998, Weekly Epidemiological Record 31, p.257-263, 1999
- (6) WHO: Epidemic dysentery. WHO Fact Sheet. No.108, 1996
- (7) WHO: Typhoid fever. Weekly Epidemiological Record. 36 p.243, 1996
- (8) WHO: Public health control of hepatitis A: Memorandum from a WHO meeting. Bulletin of the World Health Organization. 73, p.15-20, 1995
- (9) 田中隆, 門奈丈之: E型肝炎の疫学-本邦輸入感染症としての視点から. 日本臨床. 53 p.895-900, 1995
- (10) Julia A. Walsh: Transmission of Entamoeba histolytica Infection. Amebiasis p.106-126, Wiley Medical, 1988
- (11) Dykes, A. C., Juranek, D. D., Lorenz, R. A., Sinclair, S. P., Jakubowski, W. and Davies, R. B.: Municipal waterborne giardiasis: an epidemiologic investigation. Beavers implicated as a possible reservoir. Annals of Internal Medicine 92:165-170