



体細胞性コリファージ及び ウェルシュ菌とその孢子の現状 (EU の報告書より -その3-)

付録 I

ウイルス、細菌、寄生虫に関連した近年における水系感染症の発生。水源又は水道の種類に関する調査

この章では、各国の保健機関並びに国際的な保健機関にこれまで報告のなされた、最も重要な水系感染症の発生状況を、発生件数又は症例数の観点から非網羅的に紹介する。

1.1 欧州での発生状況

欧州では、アイスランド (2004 年)、フィンランド (2007 年)、モンテネグロ (2008 年)、イタリア (2011 年) において、腸管ウイルスによる水系感染症が報告されている。ノロウイルスが主な原因のひとつとされており、下水汚染も発生要因のひとつに挙げられている (表 1) ¹⁸⁰⁻¹⁸⁴。また、他の腸管ウイルスも関係していたことが分かっている (表 2)。

寄生原虫 (ジアルジア及びクリプトスポリジウム) を原因とする水系感染症の発生については、全ての欧州連合 (EU) 又は欧州経済領域 (EEA) 加盟国 (及び汎欧州地域の国々) が、欧州疾病予防管理センター (ECDC) 又は欧州食品安全機関 (EFSA) への報告を行っているわけではないことから、おそらく実際にはもっと多く発生していると考えられる (報告が常になされるわけではないのは、国ごとに症例の定義が違っていたり、食中毒と考えられる場合を除いて報告を行う法的義務がないためである) (表 2) ¹⁷⁹。

表 1. 2007～2011 年の間に欧州で発生したいくつかのウイルス感染症。カナダ飲料水水質ガイドライン（2019 年 4 月発行）より⁹。本報告書では、1971～2012 年の間に発生した、飲料水関連のウイルス性感染症について、北米（米国とカナダで 46 件）及びその他の国（5 件）での事例がまとめられている。米国とカナダ以外で発生した 5 件の感染症のうち、4 件は 2000～2011 年の間に EU/EEA 諸国（アイスランド、フィンランド、モンテネグロ、イタリア）で発生した。報告された症例数は全体で数百にのぼる。調査の結果、これらはウイルス性のものである可能性があり、ウイルスのうち主なものは、未処理の地下水又は下水で汚染された飲料水から検出されたノロウイルスであった。

年	場所	原因物質	推定症例数	水道システム	感染経路	参考文献
2004	アイスランド (ミヴァーン湖)	ノロウイルス	>100	小規模農村水道	未処理の地下水	Gunnarsdóttir <i>et al.</i> , 2013 ¹⁸⁰
2007	フィンランド (ノキア)	ノロウイルスを含む少なくとも 7 つの病原体	6,500	市営水道（水源：地下水・人工地下水）。ろ過・塩素消毒を含む。	下水による汚染	Maunula <i>et al.</i> , 2009 ¹⁸¹ Laine <i>et al.</i> , 2010 ¹⁸² Rimhanen-Finne <i>et al.</i> , 2010 ¹⁸³
2008	モンテネグロ (ポドゴリツァ)	ウイルス性	1,700	市営水道（水源：カルスト性の湧水と地下水）。塩素消毒されているが残留塩素なし。	下水による汚染	Werber <i>et al.</i> , 2009 ¹⁸⁴
2011	イタリア (シチリア島)	ノロウイルス	156	公共（市営）水道	公共水道の水源である井戸や湧水の汚染	Giammanco <i>et al.</i> , 2014 ¹⁸⁵

2000～2013 年までの汎欧州地域における感染症（腸管ウイルスによる感染を含む）の症例に関する疫学的データを収集したある報告書では、調査された感染症の約 18%が水に関連するものであった(表 2)¹⁷⁹。世界感染症・疫学ネットワーク（GIDEON）のデータベースによると、汎欧州地域では計 1,039 件の感染症の発生が報告されており、これらのほとんどは、汚染された水道水が原因で発生した。その他の感染原としては、湖、プール、温泉、親水公園、公共施設における噴水などが挙げられている。なかでも、水に関連したレプトスピラ症、クリプトスポリジウム症、ジアルジア症、レジオネラ症の発生率が最も高かった。凡欧州地域報告国 53 カ国のうち、45 カ国が南欧、北欧、西欧、東欧の国々である（残り 8 カ国は中央アジアとコーカサス）。これらの国々では、2000～2013 年の間に、報告のあった 1,039 件の感染症発生のうち 1,004 件が発生した。そのうち 174 件は、水に関連している可能性がある（平均 17%）¹⁷⁹。

GIDEON データベースとは対照的に、感染症集中情報システム（CISID）及び欧州監視システム（TESSy）のデータベースには、水に関連する感染症の発生数についての情報がない。しかし、どちらのシステムも、2000～2010 年（CISID）及び 2006～2013 年（TESSy）の期間において、カンピロバクター症、A 型肝炎、そしてジアルジア症が、凡欧州地域で最も多く報告された消化器感染症であることを示している。

同じ報告書のなかでは、2010～2012 年の期間における、5 つの特定疾患（コレラ、細菌性赤痢、腸管出血性大腸菌、肝炎、腸チフス）の症例数と発生数についての情報も記載されている¹⁷⁹。23 の参加国のうち 9 カ国で、合計 279 件の発生が報告されたが、発生数に関する情報のなかで、水に直接関連するものはなかった。これら 5 つの疾病に関する体系的な報告の他に、いくつかの国が特定の疾病について国別の報告を行っている。とりわけ、フィンランドでは、私有井戸や給水人口 500 人未満の小規模な地下水供給施設に関連した、ノロウイルスやカンピロバクターを主原因とする水系疾患の発生が報告されている。また、2011 年には、レジオネラ・アニサ菌に汚染された温泉プールが原因で、ポントティアック熱の感染が発生し、11 人が影響を受けた。

北欧諸国における水系感染症の発生に関する別の報告書には、デンマーク、フィンランド、ノルウェー（1998～2012 年）、及びスウェーデン（1998～2011 年）において届け出のあった計 175 件の水系

感染症に関するデータが掲載されている。これらの発生によって 86,000 人の人々が影響を受けた。計 163 の症例のうち 124 の症例は、汚染された地下水又は戸建て住宅における水道に関係するものであったが、影響を受けた人の数は少なかった（多くの場合、1 回の発生につき 100 人未満であった）¹⁸⁶。

ハンガリーでは、2011 年に記録された胃腸炎の症例 778 のうち 485 の症例が、ノロウイルス、ロタウイルス、サルモネラ菌、赤痢菌、カンピロバクター、クロストリジウム・ディフィシレ菌などの病原体と関係していた。飲料水が感染経路として確認されたのは、全発生件数のうち 1 件だけであった。症例の 1 つはおそらくアデノウイルスの感染によるものと考えられ、20 の症例は院内で発生したレジオネラ症と確認されたか、もしくはその可能性が高いと考えられる症例である（12 の症例では、家庭内の温水システムが感染源である可能性が最も高いと考えられている）。

表 2. GIDEON の公表データに基づく水系感染症の発生（2000 年～2013 年）。 GIDEON データベースには、汎欧州地域の 53 カ国（各国の保健省報告書を通じて）から報告された感染症の情報が含まれる。「汎欧州地域」という用語は、WHO の規定する欧州地域の国々並びにリヒテンシュタインを指す。WHO の規定する欧州地域は、以下の 53 カ国で構成されている。アルバニア、アンドラ、アルメニア、オーストリア、アゼルバイジャン、ベラルーシ、ベルギー、ボスニア・ヘルツェゴビナ、ブルガリア、クロアチア、キプロス、チェコ、デンマーク、エストニア、フィンランド、フランス、グルジア、ドイツ、ギリシャ、ハンガリー、アイスランド、アイルランド、イスラエル、イタリア、カザフスタン、キルギス、ラトビア、リトアニア、ルクセンブルク、マルタ。モナコ、モンテネグロ、オランダ、ノルウェー、ポーランド、ポルトガル、モルドバ共和国、ルーマニア、ロシア連邦、サンマリノ、セルビア、スロバキア、スロベニア、スペイン、スウェーデン、スイス、タジキスタン、マケドニア旧ユーゴスラビア共和国、トルコ、トルクメニスタン、ウクライナ、イギリス、ウズベキスタン。2000～2013 年の間に GIDEON に登録された 1,039 件の感染症発生のうち、185 件（18%）が水に関連したもので、18 種類の疾患を引き起こした（表 4）。これらの発生の大部分は、汚染された飲料水によるものであったが、その他の原因も確認されている。水に関連した発生のなかで、最も割合が高かった病原体は、レプトスピラ症、クリプトスポリジウム症、ジアルジア症、レジオネラ症であった。以上、2016 年に発表された Kulinkina らのデータより。

疾患	水系感染症の発生回数	感染症の発生回数	水系感染症の割合 (%)	国の数	最も一般的な感染源
レジオネラ症	37	100	37	15	飲料水、温水器、冷却塔、温泉
ウイルス性胃腸炎	24	206	12	12	飲料水、水泳、温泉
クリプトスポリジウム症	20	50	40	6	飲料水、プール
A型肝炎	18	155	12	8	飲料水、サウナ
カンピロバクター症	14	45	31	11	飲料水
レプトスピラ症	13	21	62	8	飲料水、野外レクリエーション
ロタウイルス	10	37	27	7	飲料水
細菌性赤痢	9	64	14	8	飲料水、噴水
腸チフスなどの腸炎	9	38	24	4	飲料水
ツレラ症	8	42	19	4	飲料水
大腸菌下痢症	5	109	5	4	飲料水、プール
ジアルジア症	5	14	36	5	飲料水
セルカリア性皮膚炎	4	4	100	4	野外水泳及び入浴
アデノウイルス	3	26	12	3	飲料水、プール
非結核性抗酸菌症	2	12	17	1	プール
エルシニア症	2	23	9	2	飲料水
エロモナスと海洋ビブリオ感染症	1	1	100	1	水泳

ブラストシスティス・ホミニス感染症	1	1	100	1	飲料水
-------------------	---	---	-----	---	-----

フランスでは、1990年代後半からレジオネラ症の症例数が増加している。2012年には1,200件以上が発生しており、おそらく水に関連していると考えられている¹⁸⁷。1998～2008年の間に、フランス公共衛生監視研究所（INVS）は、水道の配水網に関連する感染症の発生を10件報告している。急性胃腸炎の症例の多くは、ノロウイルスやクリプトスポリジウム菌によるものであったが、カンピロバクターやロタウイルスによるものもあり、これは、水が糞便汚染されていたことを示唆している。

「水と健康に関する議定書」(The Protocol on Water and Health)に関連して、多くの国が、水系疾患の発生数とその影響を減らそうと努力している¹⁷⁹。欧州疾病予防管理センター（ECDC）の管理する「食品・水系疾患・人獣共通感染症に関する疫学情報システム」(EPIS-FWD)は、各国で発生した食品及び水関連の疾患について、その発生の検知とリスク評価を行うための監視システムである。2008～2013年の間に、欧州では215件の感染症発生アラートが発出された。疫学的・微生物学的調査の結果、そのうち110件のアラート（51%）では食品からの感染が疑われるかもしくは確認され、93件のアラートは感染源が不明、7件は動物との接触による感染、4件は水に関わる感染、残り1件は実験室での感染であることが明らかとなった。水に関わる4件の感染のうち、3件はEU以外の国におけるコレラの発生に関連したもので、1件は飲料水の汚染によるクリプトスポリジウム症の発生によるものであった。

ベルギーでは、カンピロバクター・ジェジュニに汚染された水源からの水を使用したことで、ユース・キャンプに参加した64人の子どもたちが罹患した。デンマークでは、カンピロバクター・ジェジュニによる感染症の一度の発生によって、400を超える症例が記録された^{189,190}。

水道水の不十分な水処理に起因するジアルジア症の発生は、欧州では頻繁に報告されている。乳幼児と小児は特に感染リスクが高いが、2014年に発表されたECDCの報告書には、水に関連した感染症が何度発生したかまでは記されていない¹⁹⁰。

2012年には、欧州10カ国から欧州食品安全機関（EFSA）に対して、食品や水中で検出されたベロサイトトキシン産生性大腸菌（VTEC）に起因する感染症の発生が、計61件報告された¹⁹¹。水が原因となったものはこのうち10件で、発生場所はすべてアイルランド、7件については民間所有の水道や井戸との関連が報告されている。

デンマークでは2012年に、滋養毒素産生性大腸菌（STEC）／VTEC大腸菌O157:H7が発生した。溶血性尿毒症症候群（HUS）の割合が高く（全症例中の62%）、疫学調査の結果、牛挽き肉が感染源であることが示唆された¹⁹⁰。

先天性トキソプラズマ症の水系感染は、ECDC監視報告書のなかでも、公衆衛生に関わる世界的なリスクとして紹介されている¹⁹¹。感染した猫の糞便によって汚染された水は、トキソプラズマ・ゴンディ¹⁹²に曝されたヒトへの感染経路の一つであり、紫外線照射を含む標準的な消毒プロセスでは、飲料水から原虫を除去できない場合がある^{193,194}。

罹患者が千人を上回るような大規模な感染症の発生はまれであるとはいえ、著者はしばしば、当事者意識の向上や、正しい水処理の実施、給配水システムの恒常的な維持管理の必要性を訴えている。

1.2 カナダでの感染症発生

カナダの保健当局は、最近発行した報告書のなかで、あらゆる感染源（食品、水、動物、人対人）からの急性胃腸炎（AGI）の症例を報告している。2000～2019年の間に、国内で年間約2,050万件の症例が報告され、その感染者数は約3,500万人にのぼる⁹。

これらの症例のほぼ1.7%（33万5000件）は、「自治体が運用する給水人口1,000人以上の水道システム」¹⁹⁵からの水道水の消費に関係すると推定されており、2012年時点で、こうした水道を利用する人の数は、国内人口の84%にあたる2,900万人であった。このうち2,500万人は地表水を、400万人は地下水を水源としていた。Murphyら（2016）の推定によれば、これらの水道システムのうち、最低限の水処理を行っていない、又は塩素処理、あるいは二酸化塩素処理を行っていない水道システムに

よって引き起こされた症例が 50,121 件である一方、複数の処理プロセスを適用している水道システムに関連する症例数は 15,991 件であった¹⁹⁵。また、著者は、33 万 5000 件の症例のうち、35%以上が配水システムに起因するものと推定している。

推定 103,230 の症例は、ジアルジア、クリプトポリジウム、カンピロバクター、大腸菌 O157:H7、ノロウイルスと関連しており、このうち 75%は汚染された民間所有の井戸に、25%は汚染された小規模水道（地下水又は地表水を使用）に関連するものであった¹⁹⁵。上記 5 つの病原体とのつながりでいえば、73%の症例がノロウイルス関連であり、27%は残り 4 つの病原体のうち少なくとも 1 つと関連していた。合計すると、総症例数の 53%が民間井戸でのノロウイルスと関連しており、19.25%が小規模水道におけるノロウイルスと関連していた。このことから、私有の井戸や小規模水道を利用しているカナダ人は、病原体、とりわけノロウイルスへの曝露や水系 AGI を発症するリスクが高いといえる。他の研究では、地下水源に腸管ウイルスが存在することが示されている^{7,196}。これらの研究では、未処理の地下水を水源とする人口 1,300~8,300 人の 14 の地域を対象に、AGI の発生率の推定が行われ、水道水中にノロウイルス、アデノウイルス、腸管ウイルスがいるかどうかの分析が行われた。その結果、強い関連が認められたのはノロウイルスだけで、腸管ウイルスに起因する AGI は全体の 6~22%であることが分かった⁷。Lambertini とその同僚は、同じ地域を対象に、紫外線処理を浄水処理プロセスに導入する前と後の両方で研究を行った。彼らは、紫外線処理導入後の腸管ウイルスの数を数えあげ、すでにその時点で、紫外線消毒の実施地点から水が顧客の蛇口に到達するまでの間に、ウイルス濃度が増加していることを確認した。この増加は、配水システムに侵入したウイルスによるものであった¹⁹⁶。

1.3 米国での感染症発生

米国の公衆衛生当局による水系疾患の発生に関する報告書には、1991~2002 年の間に発生した、水に関連するウイルス性疾患が 15 件記録されている（症例数では 3,487 症例。そのほか、病因不明の発生が 77 件あり、こちらの症例数は 16,036 症例）。15 件のうち 12 件はノロウイルスによるもので、1 件は「小型球形ウイルス」によるもの、また、2 件は A 型肝炎ウイルス（HAV）によるものであった¹⁹⁷。

2003~2012 年の間に、米国疾病予防管理センター（CDC）は、飲料水に関連した 138 件の感染症の発生を報告した。腸管ウイルスは、そのうち 13 件において唯一の原因物質であると特定され（ノロウイルスが 10 件、HAV が 3 件）、ウイルスによる感染症発生のほとんどは、未処理又は処理が不十分な地下水の摂取が原因であった⁹。

2013~2014 年の間に、飲料水関連の感染症計 42 件の発生が報告されており、症例数では少なくとも 1,006 を数える。レジオネラ菌が最も一般的な原因菌で、発生の半数以上（57%）を占める。8 件の発生についてはクリプトスポリジウム又はジアルジアが原因であった。発生原因の調査によって、水道システムの抱える問題が浮き彫りになった。図 1 が示すように、42 件の発生それぞれに、1 つ以上の問題が分類され割り当てられた。例えば、レジオネラ菌による感染症の場合、敷地内の配管システム内に細菌の存在が確認された¹⁹⁸。

最近では、CDC によって、一般向けの情報提供をおこなうオンライン・プラットフォームが設置され、水系感染症の最新の発生状況（<https://waterandhealth.org/safe-drinking-water/outbreaks/>）、現行の水処理（<https://waterandhealth.org/safe-drinking-water/treatment/>）、飲料水や下水中の抗微生物薬耐性の存在（<https://waterandhealth.org/safe-drinking-water/drinking-water/>、<https://waterandhealth.org/safe-drinking-water/wastewater/>）について情報を得ることができる。

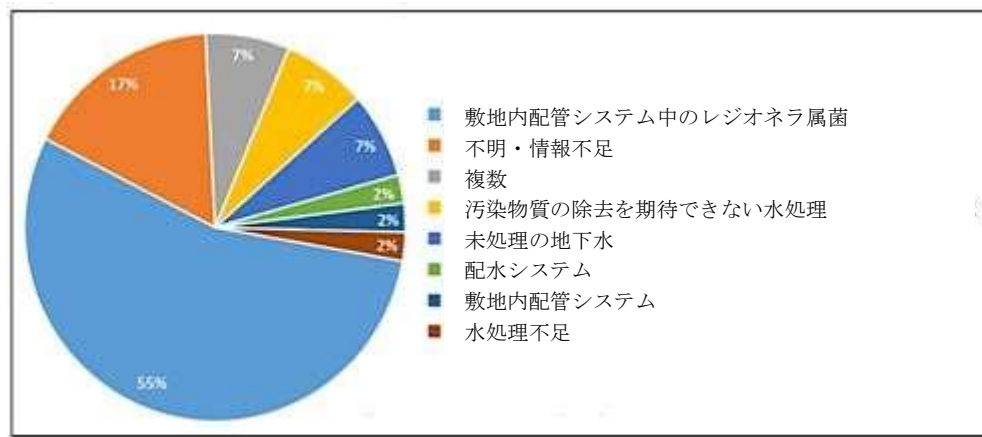


図 1. 米国における飲料水関連の感染症発生(2013～2014 年)に関わる問題(米国疾病予防管理センター(CDC)、2017 年)。図は、2013～2014 年の間に発生した感染症に関わる水道システムの問題をまとめたもの。次のリンクより。<https://waterandhealth.org/safe-drinking-water/recent-trends-in-legionella-and-waterborne-disease-outbreaks-and-their-causes/>

1.4 オーストラリアでの感染症発生

オーストラリアでは、水を媒介とする胃腸炎の発生報告はまれであり、水系感染症の発生に関する公式な評価結果は存在しない。オーストラリア全土を対象とした食中毒監視ネットワークである OzFoodNet では、2001 年以降に発生したあらゆる感染経路からの胃腸炎の情報を報告している。2001～2007 年の間に発生した「水系」又は「水系の疑いがある」と記録された感染症の報告を抽出したところ、54 件の感染症発生が、「水系」(44 件)又は「水系の疑いがある」(10 件)のいずれかに分類された。このうち発生源として飲料水が疑われたのは 19% (10 件/54 件)であり、78% (42 件/54 件)はレクリエーション用の水が原因とされた。Dale とその共同研究者は、オーストラリアにおける消化器疾患の水系感染の発生は、主にレクリエーションでの暴露と関連していることを示した¹⁹⁹。

水系の疑いがあるとされた発生のうち 3 件は、建物の屋根から採取された雨水に起因するものであった。疾病の発生を防ぐためには、雨水タンクの定期的なメンテナンスと消毒が確実に実施されるような規制を行わなければならない²⁰⁰。

1.5 ニュージーランドでの感染症発生

ニュージーランドでは、2006 年に、ヒトの糞尿汚染によってスキー場の水道にノロウイルスが混入したことから、腸管ウイルスによる水系感染症が発生した²⁰¹。

2016 年 8 月には、ニュージーランドの北島に位置する町の住民 14,000 人のうち、5,000 人が罹患した。その町では、飲料水として未処理の地下水が利用されており、カンピロバクター菌による汚染が判明した。感染経路については、大雨の後の流出水が原因で池の水が羊の糞によって汚染され、その池の水が地中に浸透したことで、近隣の浅井戸が汚染されたとの説明がなされている²⁰²。

参考文献

(訳注：ホットニュースで訳出した箇所を対象に、原文からの参考文献を以下に示す)

- 1 COUNCIL DIRECTIVE 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption. <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31998L0083&from=FR> (1998).
- 2 World Health Organization. Regional Office for Europe. Drinking Water Parameter Cooperation Project Support to the revision of Annex I Council Directive 98/83/EC on the Quality of Water Intended for Human Consumption (Drinking Water Directive) Recommendations. Bonn (2017).
- 7 Borhardt, M. A., Spencer, S. K., Kieke, B. A., Lambertini, E. & Loge, F. J. Viruses in nondisinfected drinking water from municipal wells and community incidence of acute gastrointestinal illness. *Environ Health Perspect* **120**, 1272-1279, doi:10.1289/ehp.1104499 (2012).
- 9 Health Canada. Guidelines for Canadian Drinking Water Quality: Guideline Technical Document – Enteric Viruses. <https://www.canada.ca/content/dam/canada/healthcanada/migration/healthy-canadians/publications/healthy-living-vie-saine/waterenteric-virus-enterique-eau/alt/water-enteric-virus-enterique-eau-eng.pdf> (2019).
- 47 Payment, P. & Locas, A. Pathogens in water: value and limits of correlation with microbial indicators. *Ground Water* **49**, 4-11, doi:10.1111/j.1745-6584.2010.00710.x (2011).
- 119 Jenkins, M. Trout, J., Higgins, J., Dorsch, M., Veal, D. & Fayer, R. Comparison of tests for viable and infectious *Cryptosporidium parvum* oocysts. *Parasitol Res* **89**, 1-5, doi:10.1007/s00436-002-0720-6 (2003).
- 121 King, B. J., Keegan, A. R., Monis, P. T. & Saint, C. P. Environmental temperature controls *Cryptosporidium* oocyst metabolic rate and associated retention of infectivity. *Appl Environ Microbiol* **71**, 3848-3857, doi:10.1128/AEM.71.7.3848-3857.2005 (2005).
- 124 LeChevallier, M. W. Di Giovanni, G. D., Clancy, J. L., Bukhari, Z., Bukhari, S., Rosen, J. S., Sobrinho, J & Frey, M. M. Comparison of method 1623 and cell culture-PCR for detection of *Cryptosporidium* spp. in source waters. *Appl Environ Microbiol* **69**, 971979, doi:10.1128/aem.69.2.971-979.2003 (2003).
- 125 Swaffer, B. A., Via, H. M., King, B. J., Daly, R., Frizenschaf, J. & Monis, P. T. Investigating source water *Cryptosporidium* concentration, species and infectivity rates during rainfall-runoff in a multi-use catchment. *Water Res* **67**, 310-320, doi:10.1016/j.watres.2014.08.055 (2014).
- 130 Bingham, A. K., Jarroll, E. L., Jr., Meyer, E. A. & Radulescu, S. *Giardia* sp.: physical factors of excystation in vitro, and excystation vs eosin exclusion as determinants of viability. *Exp Parasitol* **47**, 284-291, doi:10.1016/0014-4894(79)90080-8 (1979).
- 131 McGuigan, K. G., Méndez-Hermida, F., Castro-Hermida, J. A., Ares-Mazás, E., Kehoe, S. C., Boyle, M., Sichel, C., Fernández-Ibáñez, P., Meyer, B. P., Ramalingham, S. & Meyer, E. A. Batch solar disinfection inactivates oocysts of *Cryptosporidium parvum* and cysts of *Giardia muris* in drinking water. *J Appl Microbiol* **101**, 453-463, doi:10.1111/j.1365-2672.2006.02935.x (2006).
- 132 Heaselgrave, W. & Kilvington, S. The efficacy of simulated solar disinfection (SODIS) against *Ascaris*, *Giardia*, *Acanthamoeba*, *Naegleria*, *Entamoeba* and *Cryptosporidium*. *Acta Trop* **119**, 138-143, doi:10.1016/j.actatropica.2011.05.004 (2011).

- 133 Revetta, R. P., Rodgers, M. R. & Kinkle, B. K. Isolation and identification of freshwater bacteria antagonistic to *Giardia intestinalis* cysts. *Journal of Water and Health* **3**, 8388, doi:10.2166/wh.2005.0009 (2005).
- 135 Wang, G., Paredes-Sabja, D., Sarker, M. R., Green, C., Setlow, P., Li, Y-Q. Effects of wet heat treatment on the germination of individual spores of *Clostridium perfringens*. *J Appl Microbiol* **113**, 824-836, doi:10.1111/j.1365-2672.2012.05387.x (2012).
- 136 Robertson, L. J., Campbell, A. T. & Smith, H. V. Survival of *Cryptosporidium parvum* oocysts under various environmental pressures. *Applied and environmental microbiology* **58**, 3494-3500 (1992).
- 137 deRegnier, D. P., Cole, L., Schupp, D. G. & Erlandsen, S. L. Viability of *Giardia* cysts suspended in lake, river, and tap water. *Appl Environ Microbiol* **55**, 1223-1229 (1989).
- 138 Isaac-Renton, J., Moorehead, W. & Ross, A. Longitudinal studies of *Giardia* contamination in two community drinking water supplies: cyst levels, parasite viability, and health impact. *Appl Environ Microbiol* **62**, 47-54 (1996).
- 139 Ong, C., Moorehead, W., Ross, A. & Isaac-Renton, J. Studies of *Giardia* spp. and *Cryptosporidium* spp. in two adjacent watersheds. *Appl Environ Microbiol* **62**, 27982805 (1996).
- 140 Van Dyke, M. I., Ong, C. S., Prystajek, N. A., Isaac-Renton, J. L. & Huck, P. M. Identifying host sources, human health risk and indicators of *Cryptosporidium* and *Giardia* in a Canadian watershed influenced by urban and rural activities. *J Water Health* **10**, 311-323, doi:10.2166/wh.2012.131 (2012).
- 141 LeChevallier, M. W., Norton, W. D. & Lee, R. G. *Giardia* and *Cryptosporidium* spp. in filtered drinking water supplies. *Appl Environ Microbiol* **57**, 2617-2621 (1991).
- 142 Medema, G. J., Bahar, M. & Schets, F. M. 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**, 249-252, doi:[https://doi.org/10.1016/S0273-1223\(97\)00267-9](https://doi.org/10.1016/S0273-1223(97)00267-9) (1997)
- 143 Venczel, L. V., Arrowood, M., Hurd, M. & Sobsey, M. D. Inactivation of *Cryptosporidium parvum* Oocysts and *Clostridium perfringens* Spores by a Mixed-Oxidant Disinfectant and by Free Chlorine. *Appl Environ Microbiol* **63**, 4625 (1997).
- 144 Korajkic, A., McMinn, B. R. & Harwood, V. J. Relationships between Microbial Indicators and Pathogens in Recreational Water Settings. *International journal of environmental research and public health* **15**, 2842, doi:10.3390/ijerph15122842 (2018).
- 145 Till, D., McBride, G., Ball, A., Taylor, K. & Pyle, E. Large-scale freshwater microbiological study: rationale, results and risks. *J Water Health* **6**, 443-460, doi:10.2166/wh.2008.071 (2008).
- 146 Strathmann, M., Horstkott, M., Koch, C., Gayer, U. & Wingender, J. The River Ruhr - an urban river under particular interest for recreational use and as a raw water source for drinking water: The collaborative research project "Safe Ruhr" - microbiological aspects. *International journal of hygiene and environmental health* **219**, 643-661, doi:10.1016/j.ijheh.2016.07.005 (2016).
- 147 Jacob, P., Henry, A., Meheut, G., Charni-Ben-Tabassi, N., Ingrand, V. & Helmi, K. Health Risk Assessment Related to Waterborne Pathogens from the River to the Tap. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **12**, 2967-2983 (2015).

- 148 Devane, M. L., Moriarty, E. M., Wood, D., Webster-Brown, J. & Gilpin, B. J. The impact of major earthquakes and subsequent sewage discharges on the microbial quality of water and sediments in an urban river. *Science of The Total Environment* **485-486**, 666-680, doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.03.027> (2014).
- 149 Wilkes, G., Edge, T., Gannon, V., Jokinen, C., Lyautey, E., Medeiros, D., Neumann, N., Ruecker, N., Topp, E. & Lapen, D. R. Seasonal relationships among indicator bacteria, pathogenic bacteria, Cryptosporidium oocysts, Giardia cysts, and hydrological indices for surface waters within an agricultural landscape. *Water Research* **43**, 2209-2223, doi:<https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.01.033> (2009).
- 150 Roser, D. J., Davies, C. M., Ashbolt, N. J. & Morison, P. Microbial exposure assessment of an urban recreational lake: a case study of the application of new risk-based guidelines. *Water Science and Technology* **54**, 245-252, doi:10.2166/wst.2006.476 (2006).
- 151 Henry, R., Schang, C., Kolotelo, P., Coleman, R., Rooney, G., Schmidt, J., Deletic, A. & McCarthy, D.T. Effect of environmental parameters on pathogen and faecal indicator organism concentrations within an urban estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **174**, 18-26, doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.03.012> (2016).
- 152 Betancourt, W. Q., Duarte, D. C., Vásquez, R. C. & Gurian, P. L. Cryptosporidium and Giardia in tropical recreational marine waters contaminated with domestic sewage: Estimation of bathing-associated disease risks. *Marine Pollution Bulletin* **85**, 268-273, doi:<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.05.059> (2014).
- 153 Abdelzaher, A. M., Wright, M. E., Ortega, C., Hasan, A. R., Shibata, T., Solo-Gabriele, H. M., Kish, J., Withum, K., He, G., Elmir, S. M, Bonilla, J. A., Bonilla, T. D., Palmer, C. J., Scott, T. M., Lukasik, J., Harwood, V. J., McQuaig, S., Sinigalliano, C. D., Gidley, M. L., Wanless, D., Plano, L. R. W., Garza, A. C, Zhu, X., Stewart, J. R., Dickerson, J. W., Yampara-Iquise, H., Carson, C., Fleisher, J. M. & Fleming, L. E. Daily measures of microbes and human health at a non-point source marine beach. *Journal of Water and Health* **9**, 443-457, doi:10.2166/wh.2011.146 (2011).
- 154 Abdelzaher, A. M., Wright, M. E., Ortega, C., Solo-Gabriele, H. M., Miller, G., Elmir, S., Newman, X., Shih, P., Bonilla, J. A., Bonilla, T. D., Palmer, C. J., Scott, T., Lukasik, Harwood, V. J., McQuaig, S., Sinigalliano, C., Gidley M. L., Plano, L. R. W., Zhu, X., Wang, J. D. & Fleming, L. E. Presence of Pathogens and Indicator Microbes at a NonPoint Source Subtropical Recreational Marine Beach. *Applied and Environmental Microbiology* **76**, 724, doi:10.1128/AEM.02127-09 (2010).
- 155 Lipp, E. K., Farrah, S. A. & Rose, J. B. Assessment and Impact of Microbial Fecal Pollution and Human Enteric Pathogens in a Coastal Community. *Marine Pollution Bulletin* **42**, 286-293, doi:[https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(00\)00152-1](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(00)00152-1) (2001).
- 156 US EPA. Revisions to the Interim Enhanced Surface Water Treatment Rule. 40 CFR Parts 9, 141, and 142. Federal Register / Vol. 63, No. 241/ Rules and Regulations. (1998)
- 157 Andreoli, F. C. & Sabogal-Paz, L. P. Coagulation, flocculation, dissolved air flotation and filtration in the removal of Giardia spp. and Cryptosporidium spp. from water supply. *Environ Technol* **40**, 654-663, doi:10.1080/09593330.2017.1400113 (2019).
- 158 Hokajärvi, A. M., Pitkänen, T.; Meriläinen, P.; Kauppinen, A.; Matikka, V.; Kovanen, S., Vepsäläinen, A. & Miettinen, I.T. Determination of Removal Efficiencies for Escherichia coli, Clostridial Spores, and F-Specific Coliphages in Unit Processes of Surface Waterworks for QMRA Applications. *Water* **10**, 1525, doi:10.3390/w10111525 (2018).

- 159 Hijnen, W. A. M., Willemsen-Zwaagstra, J., Hiemstra, P., Medema, G. J. & van der Kooij, D. Removal of sulphite-reducing clostridia spores by full-scale water treatment processes as a surrogate for protozoan (oo)cysts removal. *Water Science and Technology* **41**, 165-171, doi:10.2166/wst.2000.0129 (2000).
- 160 Hijnen, W. A. M., van der Veer, A. J., van Beveren, J. & Medema, G. J. Spores of sulphite-reducing clostridia (SSRC) as surrogate for verification of the inactivation capacity of full-scale ozonation for *Cryptosporidium*. *Water Science and Technology: Water Supply* **2**, 163-170, doi:10.2166/ws.2002.0021 (2002).
- 161 Hijnen, W. A. M., Suylen, G. M. H., Bahlman, J. A., Brouwer-Hanzens, A. & Medema, G. J. GAC adsorption filters as barriers for viruses, bacteria and protozoan (oo)cysts in water treatment. *Water Research* **44**, 1224-1234, doi:<https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.10.011> (2010).
- 162 Hijnen, W. A. M., Beerendonk, E. F. & Medema, G. J. Inactivation credit of UV radiation for viruses, bacteria and protozoan (oo)cysts in water: A review. *Water Research* **40**, 3-22, doi:<https://doi.org/10.1016/j.watres.2005.10.030> (2006).
- 163 Hijnen, W. A., Dullemont, Y. J., Schijven, J. F., Hanzens-Brouwer, A. J., Rosielle, M., & Medema, G. Removal and fate of *Cryptosporidium parvum*, *Clostridium perfringens* and small-sized centric diatoms (*Stephanodiscus hantzschii*) in slow sand filters. *Water Research* **41**, 2151-2162, doi:<https://doi.org/10.1016/j.watres.2007.01.056> (2007).
- 179 Kulinkina, A. V., Shinee, E., Guzmán Herrador, B. R., Nygård, K. & Schmoll, O. WHO. Regional Office for Europe. The situation of water-related infectious diseases in the pan-European region. ISBN 978 92 890 5202 3 (2016).
- 180 Gunnarsdottir, M. J., Gardarsson, S. M. & Andradottir, H. O. Microbial contamination in groundwater supply in a cold climate and coarse soil: case study of norovirus outbreak at Lake Mývatn, Iceland. *Hydrology Research* **44**, 1114-1128, doi:10.2166/nh.2013.076 (2013).
- 181 Maunula, L., Roivainen, M., Keränen, M., Mäkelä, S., Söderberg, K., Summa, M., von Bonsdorff, C. H., Lappalainen, M., Korhonen, T., Kuusi, M. & Niskanen, T. Detection of human norovirus from frozen raspberries in a cluster of gastroenteritis outbreaks. *Eurosurveillance* **14**, 19435, doi:<https://doi.org/10.2807/ese.14.49.19435-en> (2009).
- 182 Laine, J., Huovinen, E., Virtanen, M. J., Snellman, M., Lumio, J., Ruutu, P., Kujansuu, E., Vuento, R., Pitkänen, T., Miettinen, I., Herrala, J., Lepistö, O., Anttonen, J., Helenius, J., Hänninen, M. L., Maunula, L., Mustonen, J., Kuusi, M. & Pirkanmaa. Waterborne Outbreak Study Group. An extensive gastroenteritis outbreak after drinking-water contamination by sewage effluent, Finland. *Epidemiology and Infection* **139**, 1105-1113, doi:10.1017/S0950268810002141 (2011).
- 183 Rimhanen-Finne, R., Hänninen, M. L., Vuento, R., Laine, J., Sakari Jokiranta, T., Snellman, M., Pitkänen, T., Miettinen, I., & Kuusi, K. Contaminated water caused the first outbreak of giardiasis in Finland, 2007: A descriptive study. *Scandinavian Journal of Infectious Diseases* **42**, 613-619, doi:10.3109/00365541003774608 (2010).
- 184 Werber, D., Lausević, D, Mugosa, B., Vratnica, Z., Ivanović-Nikolić, L., Zizić, L., Alexandre-Bird, A., Fiore, L., Ruggeri, F. M., Di Bartolo, I., Battistone, A., Gassilloud, B., Perelle, S., Nitzan Kaluski, D., Kivi, M., Andraghetti, R. & Pollock, K. G. J. Massive outbreak of viral gastroenteritis associated with

- consumption of municipal drinking water in a European capital city. *Epidemiology and Infection* **137**, 1713-1720, doi:10.1017/S095026880999015X (2009).
- 185 Giammanco, G. M., Di Bartolo, I., Purpari, G., Costantino, C., Rotolo, V., Spoto, V., Geraci, G., Bosco, G., Petralia, A., Guercio, A., Macaluso, G., Calamusa, G., De Grazia, S., Ruggeri, F. M., Vitale, F., Maida, C. M., & Mammina, C. Investigation and control of a Norovirus outbreak of probable waterborne transmission through a municipal groundwater system. *Journal of Water and Health* **12**, 452-464, doi:10.2166/wh.2014.227 (2014).
- 186 Guzman-Herrador, B., Carlander, A., Ethelberg S., Freiesleben de Blasio, B., Kuusi, M., Lund, V., Löfdahl, M., MacDonald, E., Nichols, G., Schönning, C., Sudre, B., Trönnberg, L., Vold, L., Semenza, J. C. & Nygård, K. Waterborne outbreaks in the Nordic countries, 1998 to 2012. *Euro Surveill* **20**, doi:10.2807/1560-7917.es2015.20.24.21160 (2015).
- 187 Hartemann, P. & Hautemaniere, A. Legionellosis prevention in France. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* **54**, 724-727, doi:10.1007/s00103-011-1290-5 (2011).
- 189 Gubbels, S. M., Kuhn, K. G., Larsson, J. T, Adelhardt, M., Engberg, J, Ingildsen, P., Wilchen Hollesen, L., Muchitsch, S., Mølbak, K. & Ethelberg, S. A waterborne outbreak with a single clone of *Campylobacter jejuni* in the Danish town of Koge in May 2010. *Scand J Infect Dis* **44**, 586-594, doi:10.3109/00365548.2012.655773 (2012).
- 190 European Centre for Disease Prevention and Control. ECDC. Annual epidemiological report 2014 – food- and waterborne diseases and zoonoses. Stockholm (2014).
- 191 European Food Safety Authority (EFSA) and European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). The European Union Summary Report on Trends and Sources of Zoonoses, Zoonotic Agents and Foodborne Outbreaks in 2012. *EFSA Journal* **12**(2):3547, 312 pp. doi:10.2903/j.efsa.2014.3547 (2014).
- 192 Jones, J. L. & Dubey, J. P. Waterborne toxoplasmosis--recent developments. *Exp Parasitol* **124**, 10-25, doi:10.1016/j.exppara.2009.03.013 (2010).
- 193 Gallas-Lindemann, C., Sotiriadou, I., Plutzer, J. & Karanis, P. Prevalence and distribution of *Cryptosporidium* and *Giardia* in wastewater and the surface, drinking and ground waters in the Lower Rhine, Germany. *Epidemiol Infect* **141**, 9-21, doi:10.1017/S0950268812002026 (2013).
- 194 Karanis, P., Aldeyarbi, H. M., Mirhashemi, M. E. & Khalil, K. M. The impact of the waterborne transmission of *Toxoplasma gondii* and analysis efforts for water detection: an overview and update. *Environ Sci Pollut Res Int* **20**, 86-99, doi:10.1007/s11356012-1177-5 (2013).
- 195 Murphy, H. M., Thomas, M. K., Schmidt, P. J., Medeiros, D. T., McFadyen, S. & Pintar, K. D. M. Estimating the burden of acute gastrointestinal illness due to *Giardia*, *Cryptosporidium*, *Campylobacter*, *E. coli* O157 and norovirus associated with private wells and small water systems in Canada. *Epidemiol Infect* **144**, 1355-1370, doi:10.1017/S0950268815002071 (2016).
- 196 Lambertini, E., Spencer, S. K., Kieke, B. A., Jr., Loge, F. J. & Borchardt, M. A. Virus contamination from operation and maintenance events in small drinking water distribution systems. *J Water Health* **9**, 799-812, doi:10.2166/wh.2011.018 (2011).
- 197 Craun, M. F., Craun, G. F., Calderon, R. L. & Beach, M. J. Waterborne outbreaks reported in the United States. *Journal of Water and Health* **4**, 19-30, doi:10.2166/wh.2006.016 (2006).

- 198 Benedict, K. M., Reses, H., Vigar, M., Roth, D. M., Roberts, V. A., Mattioli, M., Cooley, L. A., Hilborn, E. D., Wade, T. J., Fullerton, K. E., Yoder, J. S. & Hill, V.R. Surveillance for Waterborne Disease Outbreaks Associated with Drinking Water - United States, 2013-2014. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* **66**, 1216-1221, doi:10.15585/mmwr.mm6644a3 (2017).
- 199 Dale, K., Kirk, M., Sinclair, M., Hall, R. & Leder, K. Reported waterborne outbreaks of gastrointestinal disease in Australia are predominantly associated with recreational exposure. *Aust N Z J Public Health* **34**, 527-530, doi:10.1111/j.17536405.2010.00602.x (2010).
- 200 Kirk, M. D., Lalor, K., Raupach, J., Combs, B., Stafford, R., Hall, G. V. & Becker, N. Food- and waterborne disease outbreaks in Australian long-term care facilities, 2001-2008. *Foodborne Pathog Dis* **8**, 133-139, doi:10.1089/fpd.2010.0648 (2011).
- 201 Hewitt, J., Bell, D., Simmons, G. C., Rivera-Aban, M., Wolf, S., Greening, G. E. Gastroenteritis outbreak caused by waterborne norovirus at a New Zealand ski resort. *Appl Environ Microbiol* **73**, 7853-7857, doi:10.1128/AEM.00718-07 (2007).
- 202 Department of Internal Affairs. Te Tari Taiwhenua . New Zealand. Report of the Havelock North Drinking Water Inquiry. <https://www.dia.govt.nz/Report-of-theHavelock-North-Drinking-Water-Inquiry-Stage-2> (2017).

(担当) 調査事業部

配信先変更のご連絡等について

「JWRC水道ホットニュース」配信先の変更・追加・停止、その他ご意見、ご要望等がございましたら、会員様名、担当者様名、所属名、連絡先電話番号をご記入の上、下記までE-メールにてご連絡をお願いいたします。

〒112-0004 東京都文京区後楽2-3-28 K.I.S飯田橋ビル7F (公財) 水道技術研究センター ホットニュース担当

E-MAIL : jwrchot@jwrc-net.or.jp

TEL 03-5805-0264 FAX 03-5805-0265

また、ご連絡いただいた個人情報は、当センターからのお知らせの配信業務以外には一切使用いたしません。

水道ホットニュースのバックナンバーについて

水道ホットニュースのバックナンバー（第58号以降）は、下記アドレスでご覧になれます。

バックナンバー一覧 <http://www.jwrc-net.or.jp/hotnews/hotnews-r2.html>

水道ホットニュースの引用・転載について

水道ホットニュースの引用・転載等を希望される方は、上記ホットニュース担当までご連絡をお願いいたします。なお、個別の企業・商品・技術等の広告にはご利用いただけません。