

厚生労働科学研究費補助金

厚生労働科学特別研究事業

飲料水中のウイルス等に係る
危機管理対策に関する研究

平成17年度 総括・分担研究報告書

平成18年3月

主任研究者 国包章一（国立保健医療科学院）

目次

はじめに

研究班の構成

・総括研究報告書

飲料水中のウイルス等に係る危機管理対策に関する研究

国包章一

・分担研究報告書

1．水系感染の可能性がある腸管系ウイルスに関する基礎情報の整理

西尾 治、矢野一好、秋山美穂、愛木智香子

2．最近重大な社会問題となっているウイルスに関する基礎情報の整理並びに
その水道との関連に関する検討

遠藤卓郎、片山浩之、泉山信司

3．ウイルスによる過去の水系感染事例の整理・解析

矢野一好、西尾 治、片山浩之、田村 務、西川 真、
水中微生物研究会（青木 稔、有井鈴江、井上 智、
猪又明子、北村壽朗、茂野誠一、新開敬行、高瀬和弥、
竹村伸一、館野 泉、保坂三継、本多正義、
矢澤秀行、山下憲司、吉田靖子）

4．水道水のウイルス汚染の健康影響評価に関する検討

遠藤卓郎、片山浩之、泉山信司

5．浄水処理によるウイルスの除去・不活化に関する検討

片山浩之

6．水中ウイルスの検査法に関する検討

片山浩之

7．水道水等飲料水のウイルス汚染に係る危機管理対策の今後のあり方
に関する検討

国包章一、遠藤卓郎、片山浩之、西尾 治、矢野一好

・研究成果の刊行に関する一覧表

はじめに

(pdf版のホームページ掲載にあたって)

本報告書は、平成17年度厚生労働科学研究費補助金(厚生労働科学特別研究事業)により実施した「飲料水中のウイルス等に係る危機管理対策に関する研究」の成果を取りまとめたものです。本報告書を印刷・製本したものは、厚生労働省健康局水道課を通じてすでに全国の都道府県等にお届けいたしております。しかしながら、配布部数が非常に限られておりましたため、関係の皆様方に自由にご活用いただけるまでには至っておりませんでした。

そこで、このほど厚生労働省健康局水道課ともご相談し、また、本研究にご協力いただいた4名の分担研究者の先生方のご了解を得て、本報告書のpdf版をこのホームページに掲載することにいたしました。

申し上げるまでもなく、水のウイルス汚染による水系感染症の発生は、最近でも各地で認められております。本報告書が、水のウイルス汚染対策の確立に少しでもお役に立つようであればまことに幸いに存じます。

研究班を代表して

国 包 章 一

研究班の構成

主任研究者

国立保健医療科学院水道工学部長 国 包 章 一

分担研究者

国立感染症研究所寄生動物部長 遠 藤 卓 郎

東京大学大学院工学系研究科講師 片 山 浩 之

国立感染症研究所感染症情報センター室長 西 尾 治

東京都健康安全研究センター微生物部科長 矢 野 一 好

研究協力者

国立感染症研究所感染症情報センター 愛 木 智香子

国立感染症研究所感染症情報センター 秋 山 美 穂

国立感染症研究所寄生動物部 泉 山 信 司

新潟県保健環境研究所 田 村 務

新潟県保健環境研究所 西 川 真

水中微生物研究会（会長：立命館大学 金子光美）

神奈川県内広域水道企業団 青 木 稔

神奈川県企業庁水道局 有 井 鈴 江

横浜市資源循環局 井 上 智

東京都水道局 猪 又 明 子

神奈川県企業庁水道局 北 村 壽 朗

千葉県衛生研究所 茂 野 誠 一

東京都健康安全研究センター 新 開 敬 行

東京都産業労働局 高 瀬 和 弥

横浜市環境創造局 竹 村 伸 一

神奈川県企業庁水道局 舘 野 泉

東京都健康安全研究センター 保 坂 三 継

埼玉県企業局水道部 本 多 正 義

桐生市水道局水質センター 矢 澤 秀 行

神奈川県内広域水道企業団 山 下 憲 司

東京都健康安全研究センター 吉 田 靖 子

厚生労働科学研究費補助金

厚生労働科学特別研究事業

飲料水中のウイルス等に係る
危機管理対策に関する研究

平成17年度 総括研究報告書

平成18年3月

主任研究者 国包章一（国立保健医療科学院）

「飲料水中のウイルス等に係る危機管理対策に関する研究」

総括研究報告書

主任研究者 国包章一 国立保健医療科学院水道工学部

要旨

水道水等飲料水を介した、もしくはそのことが疑われるウイルス感染の事例、その他海外での感染事例などについて調査を行い、どのような場合に感染が発生するかを解析するとともに、水道等における現実的なウイルス対策のあり方及び方向性について、既存の知見をレビューして総合的に取りまとめた。また、腸管系ウイルスなどに関する基礎情報、浄水処理によるウイルスの除去・不活化の可能性、水中ウイルスの検査法などについても併せて既存知見を整理した。水道水のウイルス汚染による感染症の発生は、食品のウイルス汚染による感染症の発生に比べてはるかに少ない。わが国では水道水の塩素消毒が義務づけられており、これが確実に行われている限りは、水道水のウイルス汚染による感染症の発生は基本的に防ぐことができると考えられる。しかし、今日、わが国の水道では下水処理水などの影響を受ける水域から原水を取水していることが多く、水道原水は腸管系ウイルスによって広く汚染されていると考えなければならない。塩素消毒が十分に行われていない場合に、時としてウイルス汚染による感染症が発生していることは、過去のいくつかの汚染事例が示すところである。水道の規模にもよるが、水道水が病原微生物によって汚染されると、その被害は給水区域全体に及ぶ。このことは、平成 8 年の埼玉県越生町におけるクリプトスポリジウム症集団発生でも実証されている。このような事故を二度と繰り返さないためには、塩素消毒を確実に行うだけでなく、万一汚染事故が起きた場合に備えて、最新の正しい科学知識に基づいてあらかじめ十分な対策を講じておくことが重要である。本研究の成果が、全国の水道事業体などにおいて広く活用されることにより、ウイルス汚染に係る危機管理対策が進むことを強く期待している。

分担研究者	遠藤 卓郎	国立感染症研究所寄生動物部
	片山 浩之	東京大学大学院工学系研究科
	西尾 治	国立感染症研究所感染症情報センター
	矢野 一好	東京都健康安全研究センター微生物部
研究協力者	愛木智香子	国立感染症研究所感染症情報センター
	秋山 美穂	国立感染症研究所感染症情報センター
	泉山 信司	国立感染症研究所寄生動物部
	田村 務	新潟県保健環境研究所
	西川 真	新潟県保健環境研究所
	水中微生物研究会（会長：立命館大学 金子光美）	
	青木 稔	神奈川県内広域水道企業団
	有井 鈴江	神奈川県企業庁水道局
	井上 智	横浜市資源循環局
	猪又 明子	東京都水道局

北村 壽朗 神奈川県企業庁水道局
茂野 誠一 千葉県衛生研究所
新開 敬行 東京都健康安全研究センター
高瀬 和弥 東京都産業労働局
竹村 伸一 横浜市環境創造局
舘野 泉 神奈川県企業庁水道局
保坂 三継 東京都健康安全研究センター
本多 正義 埼玉県企業局水道部
矢澤 秀行 桐生市水道局水質センター
山下 憲司 神奈川県内広域水道企業団
吉田 靖子 東京都健康安全研究センター

A．研究目的

本研究は、水道水等飲料水を介したノロウイルスによる集団感染の事例を詳細に調査するとともに、飲料水の微生物学的安全性の面から重要と考えられるいくつかの代表的なウイルスに関して基礎的な情報を把握し、飲料水健康危機管理等に必要な対策を明らかとすることを目的とするものである。

ウイルスについては、水中に広く存在する可能性があることが指摘されてきたが、細胞培養法で検出できるウイルスは数種に限られており、定性・定量による検討を行うことが困難であった。しかし、今日では、2005年3月に秋田県で発生した小規模水道によるノロウイルスの感染事例や、その他河川水中のウイルスに関する調査研究等において、分子生物学的手法を用いた同定技術が広く活用されるようになり、ウイルスによる飲料水等の汚染実態がより具体的に明らかにされつつある。その結果、飲料水健康影響の観点からウイルスの重要性が再認識され、飲料水中のウイルスに関する基礎的情報や、その環境中及び浄水処理過程における動態等に関する情報の収集・整理が急務となってきた。

本研究では、水を介した、もしくはそのことが疑われるウイルス感染の事例、その他海外での感染事例について調査を行い、どのような場合に感染が発生するかを解析するとともに、水道等における現実的なウイルス対策のあり方及び方向性について、既存の知見をレビューして総合的に取りまとめるものである。本研究の成果は、水道水等飲料水のウイルス汚染に対する危機管理等対策の向上に資することが期待される。

B．研究方法

1．ウイルスに関する基礎情報の整理

飲料水健康影響の面で重要と考えられる腸管系ウイルスにつき文献調査を行った。また、現時点において飲料水健康影響の面では必ずしも重要と考えられないが、深刻な被害をもたらしている社会的にも関心が高いウイルスも参考として取り上げ、これらについても前記に準じて基礎情報の収集・整理などを行った。

2．ウイルスによる過去の水系感染事例の整理・解析

2005年3月に秋田県の簡易水道で発生したノロウイルス感染事例等、水道水等飲料水を介した国内におけるウイルスの集団感染事例について詳細に調査するとともに、海外における水道水等飲料水によるウイルス感染事例を調査し、水中のウイルスによって感染症が発生する条件の整理・解析を行った。

3．水道水のウイルス汚染の健康影響評価に関する検討

水道水のウイルス汚染による健康影響評価について、文献情報に基づきその必要性などを整理した。

4．浄水処理によるウイルスの除去・不活化に関する検討

水道原水中ウイルスに含まれるウイルスの凝集沈澱 - 急速砂ろ過及び膜ろ過による除去の可能性、塩素、紫外線及びオゾンによる消毒が水中ウイルスの除去に及ぼす効果、水道水中におけるウイルスの生残等につき、文献調査により検討した。

5．水中ウイルスの検査法に関する検討

水中ウイルスの検査に関して、試料採取方法、濃縮法、培養法及びPCR法、不活化したウイルスの取り扱い方法、調査事例等につき文献調査し、問題点や限界性などを検討した。

6．水道水等飲料水のウイルス汚染に係る危機管理対策の今後のあり方に関する検討

以上のことに関する研究成果を踏まえて、水道水等飲料水のウイルス汚染の健康危機管理に関してその基本的なあり方を検討するとともに、ウイルスに関する飲料水危機管理ホームページに盛り込むべき内容につき検討した。

(倫理面への配慮)

動物実験等を行っておらず、指針に関連する内容も扱っていない。また、詳細調査では個人情報に立ち入らないよう十分に留意した。

C．結果と考察

1．ウイルスに関する基礎情報の整理

アデノウイルス、アストロウイルス、カリシウイルス(ノロウイルス(ノーウオークウイルス)、サポウイルス)、エンテロウイルス、A型肝炎ウイルス、E型肝炎ウイルス及びロタウイルスを対象として取り上げ、ヒトへの健康影響、環境中での挙動、感染経路、わが国における感染実態、飲料水との関連性、検査法等について、基礎的情報を収集して系統的に整理した。

また、近年、深刻な被害をもたらしている社会的にも関心が高いウイルスとして、トリインフルエンザウイルス、コイヘルペスウイルス及びSARSコロナウイルスも参考として取り上げ、上記に準じて基礎情報の収集・整理を行うとともに、その水道との関連につき検討した。これらのウイルスが直ちに水道で問題になることは考えられないが、これらのウイルスをめぐる世界的な動向については今後とも注目しておく必要がある。

2．ウイルスによる過去の水系感染事例の整理・解析

飲料水に混入したウイルスが原因と推測される水系感染症の流行があり、患者及び飲料水の両者から原因ウイルスが分離又は検出された事例について、文献情報に基づき既存の知見を取りまとめた。その結果、ウイルスの水系感染が確認された事例は、いわゆる上水道などが関与したものではなく、井戸水などを原水とした小規模水道による場合がほとんどであった。また、事故発生の際をみると、浄水処理過程のうち、特に、消毒工程の不備・不具合によるものがほとんどであった。したがって、適切な管理が行われている水道施設であれば、ウイルスの水系感染は起こり難いと考えられる。しかし、水系感染症が発生した場合は、飲料水が原因であると確定するまでに時間を要し、結果として大規模な感染症の流行につながる恐れがある。そのため、万一の場合に備えて水道では日頃から十分な対策を講じておくとともに、水道水が原因で水系感染症が発生した場合には迅速に対応することが望まれる。

疫学的に確認された水系感染症は発生していないが、水道水からウイルスが分離・検出された事例もある。ウイルスの分離・検出率は、数%レベルから100%までさまざまである。これらの分離・検出事例で、培養法によって分離されたウイルスは感染性を有したウイルスであるため、ウイルスの水系感染につながる可能性が示唆されるが、遺伝子検出のみでは水系感染の可能性を結論付けることはできない。いずれにしても、外見上問題がないような飲料水にもウイルスが混入している可能性は否定できないので、日常の浄水処理工程の監視が重要である。

水道水の原水となっている河川水等からのウイルス分離・検出事例をみると、ウイルスの分離・検出率は概して高率であり、分離・検出されるウイルスの種類も多い。したがって、浄水処理にあたっては、原水にはウイルスが混入しているという前提に立つべきである。

3．水道水のウイルス汚染の健康影響評価に関する検討

近年、ノロウイルスによる集団感染が注目されており、水道事業体においても対応が考えられている。これまで、わが国の水道における病原微生物問題はいわゆる「ゼロリスク」の概念が暗黙の了解事項とされてきた。その背景には、細菌汚染に対して塩素消毒が有効であったことが要因として上げられる。しかし、クリプトスポリジウムなど耐塩素性の病原微生物やウイルスの出現によって、病原体対策も実質的にはリスクの概念を取り入れて「最小限の健康被害」に制御することが、目標となりコンセプトとなるに至っている。このコンセプトの実践には直接的な人への健康影響だけでなく、疾病の広域流行（pandemicity）を阻止することや、産業界へ影響を与えないことなどへの対策が必須となる。

現時点では病原ウイルスの伝播に係る水道の寄与率は不明で、リスクは必ずしも高いものとは考えられていない。しかしながら、水道水源への下水の流入が恒常化する一方で水のリサイクルが加速している現状を考慮すれば、水道水のウイルス対策はその重要性を増しているといえる。また、ウイルス汚染のリスクを広い視野に立って考えれば、直接的な人への健康影響だけでなく、疾病の広域流行や産業界への影響をも考慮した、社会活動全般にわたっての調査研究や汚染防止に対する取り組みが必要であると考えられる。

4．浄水処理によるウイルスの除去・不活化に関する検討

ウイルス粒子は、通常の浄水工程においても除去されるが、濁度の連続監視などにより、常に

一定以上の除去が達成されるような運転管理が望まれる。膜処理の利点は、ウイルス除去率の高さもさることながら、安定した除去が達成しやすいことにあると考えられる。

塩素消毒に対しては、腸管系ウイルスは大腸菌に比べて抵抗性があり、原虫類ほど強くはない。クロラミンはウイルスに対してはあまり効果的な消毒剤ではない。残留塩素の微生物抑制効果について、水道配水管に存在する残留塩素は大腸菌は速やかに不活化するものの、ウイルスにはあまり効果がないという実験結果が報告されている。紫外線による不活化において、ほとんどの場合ウイルスは一次反応的に減少することが知られている。また、アデノウイルスが紫外線に対して高い抵抗力があるという報告がある。オゾン消毒については、水質にもよるものの、2log 不活化に必要な Ct 値は 1min・mg/L 以下であり、オゾンはウイルス不活化に有効であると考えられる。

5．水中ウイルスの検査法に関する検討

これまでに開発されているウイルス濃縮法について文献をとりまとめた。

ウイルス濃縮法が満たすべき要件としては、1)さまざまな種類の大量の水を短時間で処理可能であること、2)測定対象のウイルスを安定した回収率と高い濃縮倍率で濃縮すること、3)簡便で経済的、4)凝集したウイルスや固体表面に付着しているウイルスも回収できること、が挙げられる。

現在使われている有力なウイルス濃縮法として、1)セルロース凝集法、2)陽電荷膜法、3)陰電荷膜を用いた酸洗浄法、およびその変法である4)陽イオン添加型酸洗浄法について、それぞれに長所があり、目的に応じて使い分けることが望ましい。

近年の水中ウイルス測定の研究発表では、ウイルスの測定法が培養法から PCR 法に移行しており、それに伴って新しいウイルス濃縮法が提案されているという背景もある。また、PCR 法は比較的簡便な手法であり、水中ウイルスを広く測定することが可能であると考えられる。陰電荷膜を用いた酸洗浄法により、水道原水におけるウイルス濃度の実測が可能であり、大容量の浄水に対しては、陽イオン添加型酸洗浄法が有力な方法である。

6．水道水等飲料水のウイルス汚染に係る危機管理対策の今後のあり方に関する検討

水道水等飲料水のウイルス汚染に係る危機管理の重要性と今後の危機管理対策のあり方について明らかにするとともに、ウイルス汚染に関する飲料水危機管理ホームページに盛り込むべき事項として、下記のことにつき取りまとめた。

- 1) 予防保全と危機管理対策の確立
- 2) 飲料水のウイルス汚染に起因することが疑われる感染症が発生した場合の対処方法
- 3) 水中ウイルスに関する基礎情報

D．結論

水道水等飲料水の腸管系ウイルスによる汚染の問題について、あらゆる角度から既存の知見を整理するとともに、そのウイルス汚染に係る危機管理対策のあり方について取りまとめた。

水道水のウイルス汚染による感染症の発生は、食品のウイルス汚染による感染症の発生に比べてはるかに少ない。わが国では水道水の塩素消毒が義務づけられており、これが確実に行われている限りは、水道水のウイルス汚染による感染症の発生は基本的に防ぐことができると考えられ

る。しかし、今日、わが国の水道では下水処理水などの影響を受ける水域から原水を取水していることが多く、水道原水は腸管系ウイルスによって広く汚染されていると考えなければならない。塩素消毒が十分に行われていない場合に、時としてウイルス汚染による感染症が発生していることは、過去のいくつかの汚染事例が示すところである。

水道の規模にもよるが、水道水が病原微生物によって汚染されると、その被害は給水区域全体に及ぶ。このことは、平成 8 年の埼玉県越生町におけるクリプトスポリジウム症集団発生でも実証されている。水道でこのような感染症の大規模集団発生を二度と繰り返さないためには、塩素消毒を確実に行うだけでなく、万一汚染事故が起きた場合に備えて、最新の正しい科学知識に基づいてあらかじめ十分な対策を講じておくことが重要である。厚生労働省では、本研究の成果に基づいて、ウイルス汚染に関する飲料水危機管理ホームページを作成することを計画している。本研究の成果が、全国の水道事業体などにおいて広く活用されることにより、ウイルス汚染に係る危機管理対策が進むことを強く期待している。

なお、最近では、水中のウイルスに関しても分子生物学的な手法による研究が急速に進みつつある。その結果、腸管系ウイルスの遺伝子が、低濃度ではあるがすでにわが国の水道水中でも検出されている。ただ、このような PCR 法による遺伝子の検出は、従来の培養法によるウイルスそのものの検出とは異なり、病原体としての感染性についてわれわれに何の情報も与えてくれない。また、水中の腸管系ウイルスは、塩素消毒に対して大腸菌などの細菌より抵抗性が高いが、クリプトスポリジウムなどの原虫ほど高くはないとされている。しかし、個々の腸管系ウイルスに対する塩素消毒の効果については、まだほとんどよくわかっていない。以上のように、水道水等飲料水中のウイルスに関する知見はまだ非常に限られており、今後の研究にまたなければならないところが多い。

E．参考文献

なし

F．健康危険情報

該当なし

G．研究発表

(別添参照)

H．知的所有権の取得状況

該当なし

厚生労働科学研究費補助金

厚生労働科学特別研究事業

飲料水中のウイルス等に係る
危機管理対策に関する研究

平成17年度 分担研究報告書

平成18年3月

分担研究報告書 1

水系感染の可能性がある腸管系ウイルスに関する
基礎情報の整理

分担研究者 西尾 治、矢野一好
研究協力者 秋山美穂、愛木智香子

水系感染の可能性がある腸管系ウイルスに関する基礎情報の整理

主任研究者	国包 章一	国立保健医療科学院水道工学部
分担研究者	西尾 治	国立感染症研究所感染症情報センター
	矢野 一好	東京都健康安全研究センター微生物部
研究協力者	秋山 美穂	国立感染症研究所感染症情報センター
	愛木智香子	国立感染症研究所感染症情報センター

要 旨

水道水中の混入とヒトへの健康影響が懸念あるいは可能性のあるウイルスについて概要を記した。すなわち、腸管系ウイルスの特徴、腸管系ウイルス毎に、概要、健康影響、環境中での挙動、感染経路、わが国における感染実態、飲料水との関連性、検査法、予防、治療、ワクチンの有無等について記した。

A. 研究目的

本研究の最終目的である「飲料水中のウイルス等に係る危機管理対策」の基礎資料として、水道水に混入し、健康被害を起こす危険性のあるウイルスについて基礎的情報を提供した。水道水中の現実的なウイルス対策における環境中のウイルスの動向、不活化等に寄与することを目的とした。

B. 研究成果

腸管系ウイルスの概要

水道水に混入する可能性あるいは危険性があり、健康被害を起こすウイルスを取り上げた。水道水に混入する恐れのあるウイルスは人の腸管あるいは肝臓で増殖し、ふん便から大量に排泄される。このようなウイルスとしてはノロウイルス、サポウイルス、アストロウイルス、エンテロウイルス、ロタウイルス、A型肝炎ウイルス、E型肝炎ウイルス、アデノウイルスが存在している。これらの腸管系ウイルスの分類を表1に示す。

ウイルスの特徴は細菌と異なり、環境中あるいは水中で増殖することはできないことである。ウイルスは増殖するためには、生きた細胞が必要である。ウイルスはRNAかDNAの遺伝子を持っているが自己の複製に不可欠な蛋白合成を行うリボゾームとミトコンドリアを保有していないので、自己増殖できない。ウイルスは細胞に寄生する事により、自己の複製が可能となる。細菌はリボゾームとミトコンドリアを持っているので自己増殖ができる。上記のウイルスのうち、E型肝炎ウイルスは人および動物での増殖が可能であるが、ほかのウイルスは人でのみ、増殖が可能である。

ふん便から環境中に排出されるウイルスは、それが口に戻ってこなければ感染を継続できないので、感染効率が非常に悪い。それゆえ、ウイルスは生存するために、ふん便から大量に排出され、一旦、水源が汚染されるとそこには大量のウイルスによって汚染される

ことになる。

表1 ヒトに水系感染する可能性がある腸管系ウイルスの種類

ウイルス科名	ウイルス属名	ウイルス種名	血清型
カリシ	ノロ	ノーウォーク	Genogroup I (14 遺伝子型). II (17 遺伝子型)
	サポ	サッポロ	5 遺伝子型
ピコルナ	エンテロ	ヒトエンテロ A (HEV-A)	コクサッキー A2 ~ A8, A10, A14, A16, エンテロ 71
		ヒトエンテロ B (HEV-B)	エコー 1 ~ 7, 11 ~ 21, 24 ~ 27, 29-33, コクサッキー B1 ~ B6, コクサッキー A9, エンテロ 69
		ヒトエンテロ C (HEV-C)	コクサッキー A1, A11, A13, A15, A17-A22, A24
		ヒトエンテロ D (HEV-D)	エンテロ 68, 70
		ポリオ	ポリオ 1~3
	ヘパト	A 型肝炎	1 種類
	パレコ	ヒトパレコ	ヒトパレコ 1, 2 (旧エコー 22, 23)
	コブ	アイチ	アイチ
レオ	ロタ	ロタ	A, B, C, D, E, F 群
	レオ		血清型 1~3 型
へぺ	へぺ	E 型肝炎	7 遺伝子型
アデノ	アデノ	マストアデノウ ウイルス	血清型 1~51 型 (40, 41 型は急性胃腸炎、3, 4, 7, 11 型はプール熱に関与)

細胞からウイルスが外にでる時に宿主細胞の被膜（エンベロープ）で覆われるものと覆われないものが存在する。このエンベロープはリボムコ蛋白からなる膜で、エーテル、クロロホルムなどの脂質溶解剤により容易に破壊される。また、加熱にも弱い。しかし、ここで取り上げたウイルスはいずれもエンベロープを有しないので、物理化学的抵抗性が強く、不活化が容易ではない。これらのウイルスは水中での生存期間が長いことから、飲料水汚染が問題となる。

ウイルス検査法として、近年、PCR 法をはじめとする遺伝子の検出が広く行われている。遺伝子検出法では遺伝子を検出するのであって、感染性を有するウイルスを検出するものではない。遺伝子検出法は感染性がないウイルスでも、遺伝子検出検査で陽性となること

がある。従って、標的とするウイルス遺伝子の検出法で、ウイルス遺伝子が検出されても直ちに感染性があり、健康被害を起こすとは必ずしも言えないので、その成績の取扱いは慎重にしなければならない。ウイルスが感染性を有することを証明するには、組織培養あるいは実験動物でウイルスが増殖能を有することを確認することである。

今回取り上げたウイルスのうち、ノロウイルス、サポウイルスおよびE型肝炎ウイルスは組織培養法での増殖系が見出されていないので、ウイルス遺伝子検出を行わなければならない。A型肝炎ウイルス、A群およびC群ロタウイルスは組織培養による増殖が可能であるものの、増殖能が悪く、ウイルスが存在しても必ずしも分離できるとは限らない。アストロウイルスおよびエンテロウイルスは組織培養で容易に分離できる。

ノロウイルス、A群ロタウイルス、サポウイルス、アストロウイルス、アデノウイルス、エンテロウイルスによって引起される感染性胃腸炎は最も軽い5類感染症に分類され、全国の3,000カ所の小児科定点病院からの患者数は年間90万人が報告されている。そのうち、ノロウイルスは20%、A群ロタウイルスは10%、サポウイルス8%、アストロウイルスは3%程度と考えられている。5類感染症では成人、高齢者の患者数は不明である。

AおよびE型肝炎ウイルスは4類感染症で、全例報告となっているので、年間の患者数が把握できる。

ノロウイルス

1. 概要

ノロウイルスは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。ノロウイルスはカリシウイルス科、ノロウイルス属である。ノロウイルスはプラス鎖の一本鎖RNAを持つウイルスで、エンベロープは持たない。長径35から40nmである。遺伝子型が多く、genogroup1と2に分けられ、現在30以上の遺伝子型が存在している。ノロウイルスは、以前ノーウォーク様ウイルス (NLVs) あるいはSRSVと呼称されていた。

2. 健康影響

ノロウイルスは、すべての年齢層に下痢、嘔気、嘔吐、腹痛、発熱を主症状とする急性胃腸炎を起こす。潜伏期は12から72時間（通常24から48時間）で、症状はおおむね1から3日間継続する。症状は一般的に軽度であり、後遺症等も残さない。乳幼児、高齢者等の抵抗力の弱いヒトで脱水症状が強いときには補液等の治療が必要となる。

感染力は強く、ノロウイルスは10個程度のウイルスによって発病する。

ノロウイルス感染による死亡率は、米国および英国では一般のヒトは10万に1人で、日本の高齢者施設では0.2%程度と考えられている。

3. 環境中での挙動

ノロウイルスはヒトの腸管で増殖するウイルスで、ヒトが唯一の宿主である。ノロウイルス感染者のふん便には1億個/g、吐物は100万個/gのウイルス量が存在し、ノロウイルスに感染したふん便・吐物を便器に流すと下水に行き、下水処理場で大部分は除去される

が、一部はそこを潜り抜けて、河川に放出される。このことからノロウイルスは様々な水環境に存在することが確認されている。

4. 感染経路

ノロウイルスは経口感染により感染する。ふん便、吐物から大量にウイルスが長期間排出され、ふん便・吐物に汚染された水・食品により感染する。ふん便・吐物に汚染された灌漑水や洗浄用水、生水あるいは加熱不十分な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の表面に接触することにより発生する。冬期では、水中で2ヶ月間程度は感染性を保持しうると考えられている。

5. わが国における感染実態

わが国では毎年11月頃から2月に主として乳幼児に感染性胃腸炎を引き起こす。感染性胃腸炎は全国の3,000の小児科から患者数が報告されて、そのうちの20%程度がノロウイルスによるものと考えられている。

また、ノロウイルスは保育園、学校、高齢者施設において感染性胃腸炎の集団発生をしばしば起こす。

ノロウイルスによる食中毒事件も多発しており、2004年の厚生労働省に届けられた食中毒事件の統計によると、事件数は病因物質別の第2位（全体の17%）で、患者数は第1位で12,000余人（全体の45%）となっている。

6. 飲料水との関連性

ノロウイルスは水環境中の健康影響への潜在的危険性として広く認められている。ノロウイルスは米国環境保護局の規制候補物質リストに取り上げられ、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汚染物質とされている。

簡易水道あるいは井戸の水源がノロウイルスに汚染されたことにより、飲料水がノロウイルスに混入した事件が起きている。

近年、秋田、新潟、長野で、簡易水道または井戸水による食中毒事件が発生している。

7. 検査法

ノロウイルスは組織培養、実験動物による増殖系は見出されていない。飲料水、ヒトの患者便、吐物からのノロウイルス検出にはRT-PCR、リアルタイムPCR法等による遺伝子検出が主として行われる。電子顕微鏡によるウイルス粒子の観察ではノロウイルスと同様な形態を示すサポウイルス、アストロウイルスが存在するので、電子顕微鏡で長径35から40nmの粒子が認められたときには小型球形ウイルスとする。

8. 予防

手洗いの励行、患者のふん便・吐物の処理にはマスク、手袋の着用などの細心の注意が必要である。水源がふん便、吐物に汚染されない環境を整えることが必要である。

飲料水は煮沸を行う。

9. 治療、ワクチン

現在、ノロウイルスに直接効果のある薬剤およびワクチンは存在しない。下痢症状が強いときには補液等の治療を行う。

サポウイルス

1. 概要

サポウイルスはカリシウイルス科、サポウイルス属で、プラス鎖の一本鎖RNAを持つウイルスで、エンベロープは有しない。長径約35nmである。遺伝子型は5つに分けられている。サポウイルスは、以前サッポロ様ウイルス(SLVs)と呼称されていた。

2. 健康影響

サポウイルスは、主に乳幼児に下痢、嘔気、嘔吐、腹痛、発熱を主症状とする急性ウイルス性胃腸炎を起こす。潜伏期は12から72時間（通常24から48時間）で、症状はおおむね1から3日間継続する。症状は一般的に軽度であり、後遺症なども残さない。乳幼児、高齢者等の抵抗力の弱いヒトでは脱水症状が強いときには補液等の治療が必要となる。

サポウイルスで死亡することは殆ど無いと考えられている。

3. 環境中での挙動

サポウイルスはヒトの腸管で増殖するウイルスで、ヒトが唯一の宿主である。サポウイルス感染者のふん便にはウイルス量が存在し、サポウイルスに感染したヒトのふん便・吐物を便器に流すと下水に行き、下水処理場で大部分は除去されるが、一部はそこを潜り抜けて、河川に放出され、様々な水環境を汚染する。

4. 感染経路

ノロウイルスと同様である。サポウイルスは経口感染により感染する。感染はノロウイルス感染者のふん便・吐物に汚染された食品や水を摂取することによって発生する。サポウイルス感染者のふん便に汚染された灌漑水や洗浄用水、生水あるいは加熱不十分な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の表面に接触することにより発生する。

5. わが国における感染実態

わが国では毎年春先から初夏に主として乳幼児に感染性胃腸炎を引き起こす。

また、保育園、学校において感染性胃腸炎の集団発生をしばしば起こす。

食中毒事件も稀に見られるがその頻度は低い。

6. 飲料水との関連性

サポウイルスによる飲料水の事故はわが国では未だ起きていないようである。

7. 検査法

サポウイルスは組織培養、実験動物による増殖系は見出されていない。ヒトの患者のふん便、吐物、水検体からのウイルス検出はRT-PCRで行う、電子顕微鏡によるウイルス粒子の観察ではサポウイルスとほぼ同様な形態を示すノロウイルス、アストロウイルスが存在するので、電子顕微鏡で長径 35 から 40nm の粒子が認められたときには小型球形ウイルスとする。

8. 予防

手洗いの励行、患者のふん便・吐物の処理にはマスク、手袋の着用などの細心の注意が必要である。水源がふん便、吐物に汚染されない環境を整えることが必要である。

飲料水は煮沸を行う。

9. 治療、ワクチン

現在、サポウイルスに直接効果のある薬剤およびワクチンは存在しない。下痢症状が強いときには補液等の治療を行う。

アストロウイルス

1. 概要

アストロウイルスは1975年、ヒトの下痢便から発見された。アストロウイルスはアストロウイルス科、アストロウイルス属である。アストロウイルスはプラス鎖の一本鎖RNAを持つウイルスで、エンベロープは持たない。長径28から30nmである。アストロウイルスは1981年にウイルスの培養に成功し、現在1から8の血清型が知られている。

2. 健康影響

アストロウイルスは下痢、嘔気、嘔吐、腹痛、発熱を主症状とする急性ウイルス性胃腸炎を起こす。急性胃腸炎の潜伏期は12から72時間（通常24から48時間）で、症状はおおむね1から3日間継続する。症状は一般的に軽度であり、後遺症なども残さない。

3. 環境中での挙動

アストロウイルスはヒトの腸管で増殖するウイルスで、ヒトが唯一の宿主である。アストロウイルスに感染したヒトのふん便・吐物を便器に流すと下水に行き、下水処理場で大部分は除去されるが、一部はそこを潜り抜けて、河川に放出され、さまざま水環境を汚染する。

4. 感染経路

アストロウイルスは経口感染により感染する。感染はふん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。患者のふん便に汚染された灌漑水や洗浄用水、生水あるいは加熱不十分な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の表面に接触することにより発生する。

5. わが国における感染実態

わが国では毎年冬期に主として乳幼児に感染性胃腸炎を引き起こす。感染性胃腸炎患者のうちアストロウイルスの占める比率は3%程度と推定されている。特に1歳未満の乳幼児期に感染することが多く、5歳までに80%が感染を受ける。

また、保育園、学校、高齢者施設において感染性胃腸炎の集団発生もみられている。

6. 飲料水との関連性

わが国では飲料水を介したアストロウイルスの感染事例は報告されていない。

7. 検査法

アストロウイルスは組織培養による分離が行える。ヒトの患者便、吐物からのアストロウイルス検出にはRT-PCRによる遺伝子検出も行われる。電子顕微鏡によるウイルス粒子の観察では5から6ポイントの星型の特徴的な構造物を持つ。

8. 予防

手洗いの励行、患者のふん便・吐物の処理にはマスク、手袋の着用などの細心の注意が必要である。水源がふん便、吐物に汚染されない環境を整えることが必要である。

飲料水は煮沸を行う。

9. 治療、ワクチン

現在、アストロウイルスに直接効果のある薬剤およびワクチンは存在しない。下痢症状が強いときには補液等の治療を行う。

エンテロウイルス

1. 概要

エンテロウイルスはピコルナウイルス科内で大きな属を構成している。この属は68の異なる血清型が存在しており、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21、24から27、29から34型、パレコウイルスは1、2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。

2. 健康影響

エンテロウイルスはヒトの最も重要なウイルス感染症として、毎年、米国では推定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、下痢、心筋炎、髄膜脳炎、小児まひ及び新生児の多器官障害まで広範囲に及ぶ。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における原因として、エンテロウイルスの持続感染が記述されている。

3. 環境中での挙動

飲用原水及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、大腸菌に比較して塩素と紫外線消毒処理等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おり、環境中での生残期間も長い。

4. 感染経路

エンテロウイルスの分布は世界的である。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感染伝播の可能性もある。感染は、汚染された水、食物あるいは嘔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。劣悪な衛生習慣や母親からの移行抗体が切れる5歳以下の子供は感染の危険性が高い。

5. わが国における感染実態

わが国におけるエンテロウイルスによる感染実態は把握できていないが、感染症発生動向調査において定点から報告されている主としてエンテロウイルスの感染が疑われる疾患の患者数をみると、2004年一年間に報告された無菌性髄膜炎（コクサッキーウイルスが原因となるものが多い）患者数は1052人（定点あたり2.23人）、手足口病（原因：エンテロウイルス71など）患者数は89,870人（定点あたり29.57人）、ヘルパンギーナ（原因：コクサッキーA群ウイルスなど）106,260人（定点あたり34.97人）、急性出血性結膜炎（原因：エンテロウイルス70など）患者数は767人（定点あたり1.21人）となっている。

一方、同調査において集計されているエンテロウイルスの分離状況をみると、2005年一年間に全国で1,774件の報告がある。報告数が多いのは、コクサッキーA群901件、エコーウイルス365件、コクサッキーB群350件である。

6. 飲料水との関連性

最近の疫学的調査結果によるとエンテロウイルスは適切な水処理を施した飲料水であっても消毒効果の変動があり感染症の原因となりう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のエンテロ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。

わが国における飲料水を介したエンテロウイルスの感染事例は報告されていない。

7. 検査法

基本的には、培養細胞や乳のみマウスを使用したウイルス分離試験がある。

8. 予防

手洗いの励行。患者の嘔吐物や排泄物の処理にはマスク、手袋の着用など細心の注意が必要である。

9. 治療、ワクチン

エンテロウイルスに有効な原因療法はない。ワクチンはポリオウイルスに対して製造・接種されている。

ロタウイルス

1. 概要

ロタウイルスはレオウイルス科、ロタウイルス属に分類されている。直径70nmで2重殻を有し、内部に2本鎖RNAを持つ。RNAは11分節を持つ。ロタウイルスは多くの哺乳類および鳥類に存在する。ロタウイルスは内殻蛋白VP6の抗原性および遺伝子の違いにより、A群からF群に大別されている。小児における下痢症の大部分はA群ロタウイルスによるもので、A群ロタウイルスにはG血清型 (VP7遺伝子型) 1から14型が存在し、そのうちヒトから検出されるのは1から4、5、8、9、12である。B群ロタウイルスは中国で成人に集団発生を起こしており、インドでも散発的に検出されている。C群ロタウイルスはわが国を含め多くの国で低頻度ながら、年長児、成人に集団発生を起こす。

2. 健康影響

A群ロタウイルス感染症は主に5歳以下の小児下痢症の重要なウイルスである。下痢、嘔気、嘔吐、腹痛、発熱を主症状とする急性ウイルス性胃腸炎を起こす。潜伏期は24から48時間で、症状はおおむね5日間継続する。症状は他のウイルスに比べ重い。また、腸重積、熱性痙攣、脳炎を併発することがある。

3. 環境中での挙動

ロタウイルスはヒトの腸管で増殖する。急性期の患者のふん便からは1g当たり10億個以上のウイルスが排泄され、さまざまな水環境に移行する。

4. 感染経路

ロタウイルスはヒトからヒトへ主に経口感染により感染する。感染はロタウイルス感染者のふん便に汚染された食品や水を摂取することによって発生する。ふん便に汚染された灌漑水や洗浄用水、生水あるいは加熱不十分な食品なども感染経路となる。ウイルス汚染された器物表面に接触することによりヒト-ヒト感染が発生する。

5. わが国における感染実態

わが国では、A群ロタウイルスは主として乳幼児における流行性の感染性胃腸炎を引き起こし、感染性胃腸炎の起因ウイルスのうち最も重要なものである。

また、保育園、学校、高齢者施設において感染性胃腸炎の集団発生をしばしば起こす。

C群ロタウイルスは散発的に乳幼児、学校等で患者発生が見られ、時に集団発生することもある。B群ロタウイルスは未だわが国では検出されていない。

6. 飲料水との関連性

ロタウイルスによる飲料水の事故はわが国では未だ起きていないようである。

7. 検査法

ロタウイルスは組織培養による増殖系は可能であるが、培養感度が低く、しかも日時を要するので緊急検査には適さない。

ヒトの患者便、吐物からのA群ロタウイルス検出にはラッセクス凝集反応、酵素抗体法の診断キットが市販されているので、それらを用いる。飲料水では汚染量が少ないのでRT-PCR法等による遺伝子検出を主として行う。電子顕微鏡によるウイルス粒子の観察ではロタウイルスが認められたときに陽性とするが、群別はできない。B群はRT-PCR法あるいはRNAの電気泳動を行う。C群ロタウイルスは逆受身凝集反応の検出試薬が市販されている。

8. 予防

手洗いの励行、患者のふん便・吐物の処理にはマスク、手袋の着用などの細心の注意が必要である。水源がふん便、吐物に汚染されない環境を整えることが必要である。

飲料水は煮沸を行う。

9. 治療、ワクチン

現在、ロタウイルスに直接効果のある薬剤は開発されていない。下痢症状が強いときには補液等の対症療法を行う。ワクチンは外国の一部の国で用いられているが、日本では未だ認可されていない。

A型肝炎ウイルス

1. 概要

A型肝炎ウイルス(HAV)は、ピコルナウイルス科、ヘパトウイルス属に属す。血清型は1つとされてきたが、最近の研究により、ヒトとサルとの2つの血清型があることが分かった。HAVは、エンベロープがなく、1本鎖(+)RNAを遺伝子とする。正20面体で、直径27nmである。

2. 健康影響

潜伏期間は、感染量により異なり10～50日(平均28～30日)である。症状は突発的な発熱、尿の色が濃くなる、倦怠感、吐き気、食欲不振、腹部不快感に続いて黄疸が出てくる。HAVによる症状は比較的穏やかで、また、死亡率も1.5%未満である。HAVは患者が死亡した場合でも、ほとんどは加齢や肝臓移植、免疫機能の低下、栄養不足、肝疾患等が直接の原因である。

3. 環境中での挙動

HAVの主な感染源はふん便汚染された食品や水である。したがって、感染の危険率が高いのは、デイケアセンターのスタッフや子供たち、軍人、病院やリハビリテーションセンターの患者やスタッフ、血友病患者、薬物乱用者である。

4. 感染経路

HAVは、一般的に患者のふん便を介してヒトからヒトへ経口感染する。ふん便に汚染された食品や水の摂取、同性愛者の接触による感染もある。

5. わが国における感染実態

HAV感染症であるA型肝炎は、わが国においては感染症発生動向調査において4類感染症に位置づけられており全数把握疾患となっている。わが国における最近の患者発生数は、2000年381名、2001年491名、2002年502名、2003年303名、2004年139名となっている。主要な感染源は、貝類などの生食によるものが多いとされている。また、罹患年齢の高齢化が認められている。

6. 飲料水との関連

HAVの大流行にはふん便汚染された水が関わっている場合が多い。HAVは、紫外線照射または2.0～2.5mg/Lの遊離塩素処理等によって不活化される。わが国では、1970年代に、ふん便に汚染され、かつ塩素処理等が施されていない井戸水が原因と考えられる水系感染事例がある。

7. 検査法

培養細胞を用いたウイルス分離試験も可能ではあるが、患者のふん便からの分離には月単位の時間がかかる。また、ウイルス増殖の指標となる細胞変性効果が明瞭でない欠点もある。実験室レベルの検査法としては、PCR法による遺伝子検出が手軽で迅速性がある。臨床検査法としては、ヒト血清中のIgM抗体が検出できる検査キットやELISA法による抗原検出キットも開発されている。

8. 予防

手洗いの励行がもっとも一般的な感染予防法である。

9. 治療、ワクチン

抗ウイルス剤などによる原因療法はないが、ワクチンが実用化されている。わが国に在住するヒトのHAV抗体保有状況をみると、1940年ごろまでに生まれたヒトは80%以上が抗体を保有しているが、2005年現在、50才以下のヒトではほとんど抗体をもっていない。

E型肝炎ウイルス

1. 概要

E型肝炎ウイルスはヘペウイルス科、ヘペウイルス属のE型肝炎ウイルスである。E型肝炎ウイルスは直径30～40nmの球形で、内部にプラス1本鎖RNAを持ち、エンベロープは有しない。

2. 健康影響

E型肝炎ウイルスは一過性の肝炎を起こす。急性E型肝炎の症状は発熱、腹痛、食欲不振、倦怠感、嘔気・嘔吐、肝腫脹、黄疸である。慢性化することは無い。潜伏期は2週から8週間（平均6週）と長い。E型肝炎ウイルスの好発年齢は15歳から40歳が多く、高齢者も感染・発病する。患者の10%程度に劇症化が見られ、死亡率は1から2%である。妊婦では死亡率が10から20%と非常に高い。

3. 環境中での挙動

E型肝炎ウイルスはヒト、動物のふん便から排出され、環境水に移行する。環境中での生存期間の正確なデータは無いが、かなり長期間感染性を有すると考えられる。

4. 感染経路

患者のふん便、血液、胆汁に大量にウイルスが排泄される。発展途上国の一部では水系感染と言われており、大雨が降って、河川が氾濫し、下水が飲料水に混入あるいは井戸に下水が入り込むことにより、E型肝炎の集団発生が起きている。このことから自然界で、長期間感染力を保持していると推測される。

わが国ではいまだ水系による集団発生は起きている。

しかし、近年、シカ、イノシシ、ブタの生肉あるいは内臓を食べたヒトがE型肝炎となっている。これら、野生動物および飼育ブタのふん便も感染源となりうる。

5. わが国における感染実態

わが国ではE型肝炎ウイルスは1999年以降、全数把握の4類感染症となっている。それによると、1999年から2005年8月の間に118例が報告されており、近年増加している。118名の

うち国内で感染したのは86名、外国で感染したのは30名であった。国内ではブタの肝臓、野生イノシシ肉、シカの生肉を介して感染している。外国ではインド、中国等で、生水あるいは生野菜等の喫食により感染している。

6. 飲料水との関連性

わが国では飲料水による事件は起きていない。

7. 検査法

E型肝炎ウイルスは組織培養による増殖系は見出されていない。そこで、ヒトの患者便、吐物からのウイルス検出にはRT-PCRを用いる。患者の血清を用いた抗体測定はELISA法で行う。

8. 予防

手洗いの励行、患者のふん便・吐物の処理にはマスク、手袋の着用などの細心の注意が必要である。水源がE型肝炎ウイルスに感染したヒトおよび動物のふん便、吐物に汚染されない環境を整えることが必要である。飲料水は煮沸を行う。

9. 治療、ワクチン

現在、E型肝炎ウイルスに直接効果のある薬剤およびワクチンは存在しない。肝炎症状が強いときには対症療法を行う。

アデノウイルス

1. 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（以下、アデノウイルスと記載）には、1型から51型までの血清型が報告されている。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。

2. 健康影響

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、不顕性感染も多い。幼児と子供は、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に最もかかりやすい。咽頭結膜熱は、3型を中心に4型、7型、11型などでも起こり夏に発生が多い。胃腸炎を起こす40、41型は、腸管アデノウイルスとも呼ばれている。

3. 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。ヒトに感染して腸管で増殖したウイルスは、ふん便と共に多量に下水施設等に流入し、さまざまな水環境中に移行することが分かっている。

4. 感染経路

初期感染は呼吸器経由である。しかし、ふん便から長期間ウイルスが出続けることから、ふん便からの経口感染も小児のアデノウイルス感染の原因となる。

5. わが国における感染実態

アデノウイルス感染症の一つである咽頭結膜熱は、わが国においては感染症発生動向調査において5類感染症として小児科定点から患者数が報告されている。それによると、2004年一年間に報告された患者数は61,245人（定点あたり20.15人）となっている。一方、同調査において集計されているアデノウイルスの分離・検出状況をみると、2005年一年間に全国で1,853件の報告がある。報告数が多いのは、3型624件、2型415件、1型219件であり、腸管アデノウイルスと呼ばれている40、41型は75件の報告がある。

6. 飲料水との関連性

アデノウイルスの疫学的特徴は、水環境中のウイルスによる健康への潜在的危険性として広く認められていることである。このような見方は、米国環境保護局の規制候補物質リストに示されて、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して扱われている。アデノウイルスはリストに含まれるわずか4種のウイルスの一つである。このリストにアデノウイルスが含まれているのは、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・消毒工程に対して抵抗性があるというデータに基づいている。他の腸管系ウイルスと比較して、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ような損傷を受けたDNAは、宿主細胞のDNA修復機構によって修復される。

わが国における飲料水を介したアデノウイルスの感染事例は報告されていない。

7. 検査法

培養細胞を使用したウイルス分離試験とウイルス抗原を迅速に検出できる迅速診断キットが使用されている。

8. 予防

手洗いが個人で出来る最も効果的な予防法である。集団生活におけるタオルやハンカチの共用は避けるべきである。

9. 治療、ワクチン

アデノウイルスに有効な原因療法はない。ワクチンもない。過去に、米国において新兵に接種した4、7型ワクチンがあったが、このワクチンは現在中止されている。

C. まとめ

水道水への混入する可能性のあるウイルスについて、解説し、飲料水を介したウイルス感染症の発生に際しての原因ウイルスの追及、対応、対処方法等について記した。

D. 参考文献

ノロウイルス

Kapikian A.Z., Wyatt R.G., Dolin R., et al.: Visualization by immuno electron microscopy of a 27-nm particle associated with acute infectious nonbacterial gastroenteritis. *J Virol.* 10: 1075-1081, 1972

Wang, J., Jiang, X., Madore, H. P., Gray, J., Desselberger, U., Ando, T., Seto, Y., Oishi, I., Lew, J. F., Green, K. Y. and Estes, M. K.: Sequence diversity of small round-structured viruses in the Norwalk virus group. *J. Viorol.*, 68, 5982-5990, 1994

CDC: "Norwalk-like viruses". Public health consequences and outbreak management. *MMWR.* 50(RR09), 1-18, 2001

Doultree J.C., Druce J.D., Brich D.S., et al: Inactivation of feline caliciviruses, a Norwalk virus surrogate. *J Hospital Infect.* 41:51-57, 1999

Duizer E., Bijkerk P., De Groot A., et al: Inactivation of caliciviruses. *Appl Environ Microbiol.* 70:4538-4543, 2004

西尾 治、新川奈緒美：ノーウォーク様ウイルスによる集団発生、*日本醫事新報*、No. 4105, 5-9, 2002

新川奈緒美、川元孝久、秋山美穂、加藤由美子、西尾 治：吐物が感染源と推定されたノロウイルス集団発生事例について、*臨床とウイルス*、32：195-201, 2004
杉枝正明、新川奈緒美、大瀬戸光明、徳竹由美、山口 卓、秋山美穂、西尾 治：Norovirus 感染により排泄されるウイルス量について、*臨床とウイルス*、32：189-194, 2004

Saul G.A., Raphael D., Richard G.W., et al: Acute infectious nonbacterial gastroenteritis : Intestinal histopathology. *Ann Intern Med.* 79:18-25, 1973

Lopman B., Vennema H., Kohli E., : Increase in viral gastroenteritis outbreaks in Europe and epidemic spread of new norovirus variant, *Lancet.* 363:682-688, 2004

Kroneman A., Vennema H., Duijnhoven Y., : High number of norovirus outbreaks associated with a GGII.4 variant in the Netherlands and elsewhere : dose this herald a worldwide increase?. *Eurosurveillance weekly archives,* 8:52-55, 2004

厚生労働省 : ノロウイルスに関する Q & A 、
<http://www.mhlw.go.jp/topics/syokuchu/kanren/yobou/040204-1.html>

Reuter G., Vennema H., Koopmans M., Szucs G. : Epidemic spread of recombinant noroviruses with four capsid types in Hungary. *J Clin Virol.* 35(1):84-8, 2006

Maunula L., Miettinen I.T., von Bonsdorff C.H. : Norovirus outbreaks from drinking water. *Emerg Infect Dis.* 11(11):1716-21, 2005

Ambert-Balay K., Bon F., Le Guyader F., Pothier P., Kohli E.. : Characterization of new recombinant noroviruses. *J Clin Microbiol.* 43(10):5179-86, 2005

Gelting R., Sarisky J., Selman C., Otto C., Higgins C., Bohan P.O., Buchanan S.B., Meehan P.J. : Use of a systems-based approach to an environmental health assessment for a waterborne disease outbreak investigation at a snowmobile lodge in Wyoming. *Int J Hyg Environ Health.* 208(1-2):67-73, 2005

Lodder W.J., de Roda Husman A.M. : Presence of noroviruses and other enteric viruses in sewage and surface waters in The Netherlands. *Appl Environ Microbiol.* 71(3):1453-61, 2005

Rockx B.H., Vennema H., Hoebe C.J., Duizer E., Koopmans M.P. : Association of histo-blood group antigens and susceptibility to norovirus infections. *J Infect Dis.* 191(5):749-54, 2005

Borchardt M.A., Haas N.L., Hunt R.J. : Vulnerability of drinking-water wells in La Crosse, Wisconsin, to enteric-virus contamination from surface water contributions. *Appl Environ Microbiol.* 70(10):5937-46, 2004

Ueki Y., Akiyama K., Watanabe T., Omura T. : Genetic analysis of noroviruses taken from gastroenteritis patients, river water and oysters. *Water Sci Technol.* 50(1):51-6, 2004

Maunula L., Kalso S., Von Bonsdorff C.H., Ponka A. : Wading pool water contaminated with both noroviruses and astroviruses as the source of a gastroenteritis outbreak. *Epidemiol Infect.* 132(4):737-43, 2004

Kuusi M., Nuorti J.P., Maunula L., Miettinen I., Pesonen H., von Bonsdorff C.H. : Internet use and epidemiologic investigation of gastroenteritis outbreak. *Emerg Infect Dis.* 10(3):447-50, 2004

Blackburn B.G., Craun G.F., Yoder J.S., Hill V., Calderon R.L., Chen N., Lee S.H., Levy D.A., Beach M.J. : Surveillance for waterborne-disease outbreaks associated with drinking water--United States, 2001-2002. *MMWR Surveill Summ.* 53(8):23-45, 2004

Yoder J.S., Blackburn B.G., Craun G.F., Hill V., Levy D.A., Chen N., Lee S.H., Calderon R.L., Beach M.J. : Surveillance for waterborne-disease outbreaks associated with recreational water--United States, 2001-2002. *MMWR Surveill Summ.* 53(8):1-22, 2004

Parshionikar S.U., Cashdollar J., Fout G.S. : Development of homologous viral internal controls for use in RT-PCR assays of waterborne enteric viruses. *J Virol Methods.* 121(1):39-48, 2004

Centers for Disease Control and Prevention (CDC). : An outbreak of norovirus gastroenteritis at a swimming club--Vermont, 2004. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 53(34):793-5, 2004

Nygaard K., Vold L., Halvorsen E., Bringeland E., Rottingen J.A., Aavitsland P. : Waterborne outbreak of gastroenteritis in a religious summer camp in Norway, 2002.

Epidemiol Infect. 132(2):223-9, 2004

Hoebe C. J., Vennema H., de Roda Husman A. M., van Duynhoven Y. T. : Norovirus outbreak among primary schoolchildren who had played in a recreational water fountain. J Infect Dis. 189(4):699-705, 2004

Horman A., Rimhanen-Finne R., Maunula L., von Bonsdorff C.H., Torvela N., Heikinheimo A., Hanninen M.L. : Campylobacter spp., Giardia spp., Cryptosporidium spp., noroviruses, and indicator organisms in surface water in southwestern Finland, 2000-2001. Appl Environ Microbiol. 70(1):87-95, 2004

Steinberg E. B., Mendoza C. E., Glass R., Arana B., Lopez M. B., Mejia M., Gold B. D., Priest J. W., Bibb W., Monroe S. S., Bern C., Bell B. P., Hoekstra R. M., Klein R., Mintz E. D., Luby S. : Prevalence of infection with waterborne pathogens: a seroepidemiologic study in children 6-36 months old in San Juan Sacatepequez, Guatemala. Am J Trop Med Hyg. 70(1):83-8, 2004

Laverick M. A., Wyn-Jones A. P., Carter M. J. : Quantitative RT-PCR for the enumeration of noroviruses (Norwalk-like viruses) in water and sewage. Lett Appl Microbiol. 39(2):127-36, 2004

Nygard K., Torven M., Ancker C., Knauth S. B., Hedlund K. O., Giesecke J., Andersson Y., Svensson L. : Emerging genotype (GGIIb) of norovirus in drinking water, Sweden. Emerg Infect Dis. 9(12):1548-52, 2003

Nygard K., Gondrosen B., Lund V. : Water-borne disease outbreaks in Norway. Tidsskr Nor Laegeforen. 4;123(23):3410-3, 2003

Parshionikar S. U., Willian-True S., Fout G. S., Robbins D. E., Seys S. A., Cassady J. D., Harris R. : Waterborne outbreak of gastroenteritis associated with a norovirus. Appl Environ Microbiol. 69(9):5263-8, 2003

Carrique-Mas J., Andersson Y., Petersen B., Hedlund K. O., Sjogren N., Giesecke J. : A norwalk-like virus waterborne community outbreak in a Swedish village during peak holiday season. Epidemiol Infect. 131(1):737-44, 2003

Borchardt M.A., Bertz P.D., Spencer S.K., Battigelli D.A. : Incidence of enteric viruses in groundwater from household wells in Wisconsin. *Appl Environ Microbiol.* 69(2):1172-80, 2003

Matson D.O., Szucs G. : Calicivirus infections in children. *Curr Opin Infect Dis.* 16(3):241-6, 2003

Fout G.S., Martinson B.C., Moyer M.W., Dahling D.R. : A multiplex reverse transcription-PCR method for detection of human enteric viruses in groundwater. *Appl Environ Microbiol.* 69(6):3158-64, 2003

Anderson A.D., Heryford A.G., Sarisky J.P., Higgins C., Monroe S.S., Beard R.S., Newport C.M., Cashdollar J.L., Fout G.S., Robbins D.E., Seys S.A., Musgrave K.J., Medus C., Vinje J., Bresee J.S., Mainzer H.M., Glass R.I. : A waterborne outbreak of Norwalk-like virus among snowmobilers-Wyoming, 2001. *J Infect Dis.* 187(2):303-6, 2003

Leclerc H, Schwartzbrod L, Dei-Cas E. : Microbial agents associated with waterborne diseases. *Crit Rev Microbiol.* 28(4):371-409, 2002

Boccia D., Tozzi A.E., Cotter B., Rizzo C., Russo T., Buttinelli G., Caprioli A., Marziano M.L., Ruggeri F.M. : Waterborne outbreak of Norwalk-like virus gastroenteritis at a tourist resort, Italy. *Emerg Infect Dis.* 8(6):563-8, 2002

Hedlund K.O., Rubilar-Abreu E., Svensson L. : Epidemiology of calicivirus infections in Sweden, 1994-1998. *J Infect Dis.* 181 Suppl 2:S275-80, 2000

Marx A., Shay D.K., Noel J.S., Brage C., Bresee J.S., Lipsky S., Monroe S.S., Ando T., Humphrey C.D., Alexander E.R., Glass R.I. : An outbreak of acute gastroenteritis in a geriatric long-term-care facility: combined application of epidemiological and molecular diagnostic methods. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 20(5):306-11, 1999

Kukkula M., Arstila P., Klossner M.L., Maunula L., Bonsdorff C.H., Jaatinen P. : Waterborne outbreak of viral gastroenteritis. *Scand J Infect Dis.* 29(4):415-8, 1997

Beller M., Ellis A., Lee S.H., Drebot M.A., Jenkerson S.A., Funk E., Sobsey M.D.,

Simmons O.D. 3rd, Monroe S.S., Ando T., Noel J., Petric M., Midaugh J.P., Spika J.S. :
Outbreak of viral gastroenteritis due to a contaminated well. International
consequences. JAMA. 278(7):563-8, 1997

Schwab K.J., De Leon R., Sobsey M.D. : Immunoaffinity concentration and
purification of waterborne enteric viruses for detection by reverse transcriptase
PCR. Appl Environ Microbiol. 62(6):2086-94, 1996

Hedberg C.W., Osterholm M.T. : Outbreaks of food-borne and waterborne viral
gastroenteritis. Clin Microbiol Rev. 6(3):199-210, 1993

Lawson H.W., Braun M.M., Glass R.I., Stine S.E., Monroe S.S., Atrash H.K., Lee L.E.,
Englender S.J. : Waterborne outbreak of Norwalk virus gastroenteritis at a southwest
US resort: role of geological formations in contamination of well water. Lancet.
18;337(8751):1200-4, 1991

Ramia S. : Transmission of viral infections by the water route: implications for
developing countries. Rev Infect Dis. 7(2):180-8, 1985

Taylor J.W., Gary G.W. Jr, Greenberg H.B. : Norwalk-related viral gastroenteritis
due to contaminated drinking water. Am J Epidemiol. 114(4):584-92, 1981

サポウイルス

Matson D.O., Szucs G. : Calicivirus infections in children. Curr Opin Infect Dis.
16(3):241-6, 2003

Hedlund K.O., Rubilar-Abreu E., Svensson L. : Epidemiology of calicivirus
infections in Sweden, 1994-1998. J Infect Dis. 181 Suppl 2:S275-80, 2000

アストロウイルス

Maunula L., Kalso S., Von Bonsdorff C.H., Ponka A. : Wading pool water contaminated
with both noroviruses and astroviruses as the source of a gastroenteritis outbreak.
Epidemiol Infect. 132(4):737-43, 2004

Gofti-Laroche L., Gratacap-Cavallier B., Demanse D., Genoulaz O., Seigneurin J.M.,
Zmirou D. : Are waterborne astrovirus implicated in acute digestive morbidity

(E.M.I.R.A. study)? J Clin Virol. 27(1):74-82, 2003

Leclerc H., Schwartzbrod L., Dei-Cas E. : Microbial agents associated with waterborne diseases. Crit Rev Microbiol. 28(4):371-409, 2002

Chapron C.D., Ballester N.A., Fontaine J.H., Frades C.N., Margolin A.B. : Detection of astroviruses, enteroviruses, and adenovirus types 40 and 41 in surface waters collected and evaluated by the information collection rule and an integrated cell culture-nested PCR procedure. Appl Environ Microbiol. 66(6):2520-5, 2000

A型肝炎ウイルス

Parshionikar S.U., Cashdollar J., Fout G.S. : Development of homologous viral internal controls for use in RT-PCR assays of waterborne enteric viruses. J Virol Methods. 121(1):39-48, 2004

Borchardt M.A., Haas N.L., Hunt R.J. : Vulnerability of drinking-water wells in La Crosse, Wisconsin, to enteric-virus contamination from surface water contributions. Appl Environ Microbiol. 70(10):5937-46, 2004

Divizia M., Gabrieli R., Donia D., Macaluso A., Bosch A., Guix S., Sanchez G., Villena C., Pinto R.M., Palombi L., Buonomo E., Cenko F., Leno L., Bebeci D., Bino S. : Waterborne gastroenteritis outbreak in Albania. Water Sci Technol. 50(1):57-61, 2004

Numanovic F., Hukic M., Nurkic M., Delibegovic Z., Gegic M., Tihic N. : Viruses in drinking water: HAV and enteroviruses. Med Arh. 58(2):105-8, 2004

Borchardt M.A., Bertz P.D., Spencer S.K., Battigelli D.A. : Incidence of enteric viruses in groundwater from household wells in Wisconsin. Appl Environ Microbiol. 69(2):1172-80, 2003

Leclerc H., Schwartzbrod L., Dei-Cas E. : Microbial agents associated with waterborne diseases. Crit Rev Microbiol. 28(4):371-409, 2002

De Serres G., Cromeans T.L., Levesque B., Brassard N., Barthe C., Dionne M., Prud'homme H., Paradis D., Shapiro C.N., Nainan O.V., Margolis H.S. : Molecular

confirmation of hepatitis A virus from well water: epidemiology and public health implications. *J Infect Dis.* 179(1):37-43, 1999

Leisinger M., Metzler A. : Use of silica as a carrier to recover and prepare waterborne enteric viruses for detection by RT-PCR. *Zentralbl Hyg Umweltmed.* 200(4):283-96, 1997

Centers for Disease Control and Prevention (CDC). : Foodborne hepatitis A--Missouri, Wisconsin, and Alaska, 1990-1992. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 42(27):526-34, 1993

Ramia S. : Transmission of viral infections by the water route: implications for developing countries. *Rev Infect Dis.* 7(2):180-8, 1985

E 型肝炎ウイルス

厚生労働省 : 食肉を介する E 型肝炎ウイルス感染事例について (E 型肝炎 Q & A) 、
<http://www.mhlw.go.jp/houdou/2003/08/h0819-2a.html>

Li T. C., Chijiwa K., Sera N., Ishibashi T., Etoh Y., Shinohara Y., Kurata Y., Ishida M., Sakamoto S., Takeda N., Miyamura T. : Hepatitis E virus transmission from wild boar meat. *Emerg Infect Dis.* 11(12):1958-60, 2005

Tei S., Kitajima N., Takahashi K., Mishiro S. : Zoonotic transmission of hepatitis E virus from deer to human beings. *Lancet.* 362(9381):371-3, 2003

Mizuo H., Suzuki K., Takikawa Y., Sugai Y., Tokita H., Akahane Y., Itoh K., Gotanda Y., Takahashi M., Nishizawa T., Okamoto H. : Polyphyletic strains of hepatitis E virus are responsible for sporadic cases of acute hepatitis in Japan. *J Clin Microbiol.* 40(9):3209-18, 2002

Leclerc H., Schwartzbrod L., Dei-Cas E. : Microbial agents associated with waterborne diseases. *Crit Rev Microbiol.* 28(4):371-409, 2002

分担研究報告書 2

最近重大な社会問題となっているウイルスに関する
基礎情報の整理並びにその水道との関連に関する検討

分担研究者 遠藤卓郎、片山浩之
研究協力者 泉山信司

分担研究報告書

「最近重大な社会問題となっているウイルスに関する基礎情報の整理並びに その水道との関連に関する検討」

分担研究者 遠藤卓郎 国立感染症研究所

片山浩之 東京大学大学院

協力研究者 泉山信司 国立感染症研究所

要旨

SARS、トリインフルエンザウイルスなどの新興感染症、コイヘルペスウイルスの集団感染が話題となっている。これらの病原ウイルスの伝播に水道水がどの程度関与するかは不明で、目下のところ必ずしも高いものとは考えられていない。しかしながら、水道水源への下水の流入が恒常化する一方で水のリサイクルが加速している現状を考慮すれば直接的な人への健康影響だけでなく、水道にとっても疾病の広域流行（pandemicity）や産業界への影響が重要な検討項目となる。

はじめに

近年、SARS（重症急性）、トリインフルエンザウイルスなどのいわゆる新興感染症、あるいはヒトの疾病ではないがコイヘルペスウイルスの集団感染が話題となり、汚染や拡大の防止に向けて最大限の努力が払われている。これらの病原ウイルスは基本的に水道水を介して伝播する可能性が低いものと考えられている。しかしながら、水道水源への下水の流入が一般化する一方で水のリサイクルが加速しており、これまで以上に病原微生物汚染対策が重要性を増している。また、配水系のネットワーク化は水道水の安定供給と汚染の拡散といった両面を持つ。今後の水道にあっては単に直接的なヒトへの健康影響のみならず、広く生態系あるいは社会への間接影響への配慮が求められるものとする。以下にコイヘルペス、SARS ウィルスおよびトリインフルエンザウイルスを例に水道における対策の必要性を論じる。

コイヘルペスウイルス（KHV； Koi Herpes Virus）

コイヘルペスウイルスとは、コイ（マゴイ *Cyprinus carpio carpio* およびニシキゴイ *Cyprinus carpio koi*）に固有の病原ウイルスで、1998年にイスラエルとアメリカにおいて大量斃死したニシキゴイから分離された。KHVはエンベロープを有する二本鎖のDNAウイルスで、ヘルペスウイルス科（*Herpesviridae*）に分類されている。

KHVは水温15℃以上の河川や湖水中で4時間以上感染性を維持するとの報告があるが、バクテリアなどの作用により3日程度で死滅するものと推測されている。本ウイルスの好適水温は18～23℃とされ、13℃以下の水温や28℃以上では病魚の発生がみら

れなくなる。次亜塩素酸ナトリウム溶液とウイルス液を混合後の有効塩素濃度が 0.30 mg/L に達するとほぼ不活化されるとの報告がある。その他、KHV は、4.0 mWs/cm² (4.0 mJ/cm²) 程度の紫外線照射、50 で 1 分間の温熱処理、30%エタノール処理での不活化が報告されている。

わが国での感染は 2003 年 10 月に確認され (Sano *et al.*, 2004)、茨城県の霞ヶ浦では養鯉業が壊滅的ダメージを受けた。感染魚は行動緩慢、摂餌不良、鰓の退色やびらんなどが見られ、死亡率が高い。本疾患の伝播性はきわめて強く、短期間のうちに全国に広がり、養殖ゴイのみならず天然河川・湖沼のコイにも大きな被害が広がった。その後の全国調査で同年 5 月に岡山県の天然河川で KHV 病が発生していたことが保存試料から明らかとなっている (飯田ら, 2005)。しかしながら、本症に関してはわが国への侵入経緯、あるいは霞ヶ浦の汚染原因は特定されていない。本症の全国的な広がりについては霞ヶ浦からの活魚の移入が原因したと考えられる地域が少なくないが、霞ヶ浦との因果関係もなく、発生原因が特定されていない地域もある。KHV 流行時に淀川水系での原水の水質監視システムとして導入されている「コイセンサー」のコイが死亡しており、コイヘルペスウイルスとの関連性の可能性が指摘されている。

重症急性呼吸器症候群 (Severe acute respiratory syndrome: SARS)

2003 年 3 月に、中国広東省、香港、ベトナム・ハノイなど各地で、入院患者や医療スタッフが重症の肺炎で相次いで死亡する事件があり、患者はその後世界各地で発見され、7 月の流行の終息までに死亡者 812 名を含む患者 8,439 名が報告された。この患者の肺炎病巣部から検出されたウイルスは、WHO(世界保健機関)の専門家チームにより新型コロナウイルスの一種であることが確認され、SARS ウイルスと命名された。コロナウイルスは 1 本鎖の RNA ゲノムを持つエンベロープウイルスであり、ヒトを含み様々な動物に感染し、おもに呼吸器系、肝臓、小腸、中枢神経系、の疾患の原因となる。SARS ウイルスの潜伏期間は平均 5 - 6 日、最大 10 日、潜伏期間を超えると急激に発熱し、咳や息苦しさなどを伴う呼吸器症状が現れる。患者のおよそ 10 ~ 20% が重症化し、致死率は約 10% とされる。

SARS ウイルスは患者の血液、気道分泌物、尿あるいは便中に排出される。ヒトへの感染経路は主に経気道感染であるが、密接な接触によることも合わせて報告されている。目下、感染に必要なウイルス量は不明である。注意すべきは、香港の高層マンション群 (淘大花園 (アモイガーデン): 各 35 階ほどの住居棟 10 棟) の一角 (ブロック E) で集団発生が見られていることで、ここでは下水の関与が指摘されている。当地における最初の患者がブロック E を訪問したことで関係者さらに他の住民に感染が広がったものであるが、初発患者の滞在した部屋の垂直上方の部屋に二次感染者が多発した。その後、香港保健当局からバスルームの換気により下水管から汚物を含むエアロゾル (aerosol) が発生・逆流したことが原因との見解が寄せられた。すなわち、排水管の U

字部分に水が溜まっていない状態で浴室を密閉して換気扇を回すと、陰圧が生じて下水管内の空気が浴室に入ることが確認されている。

SARS ウイルスがどの程度の環境抵抗性を示すかは不明であるが、便中では少なくとも2日間、下痢便中では4日間、尿中では24時間程度は生存することが示されている。患者周囲の消毒には市販の塩素系漂白剤の50～100倍希釈液程度の溶液でのふき取りが必要とされている。本ウイルスの場合、水中である程度の期間にわたり生存できるものと考えられること、感染量や塩素耐性などが不明であることから、水道水源への下水流入が想定される場合には、注意が必要となろう。幸い、本症はすでに終息しており、パンデミックの危険性は消滅したものと推測される。

トリインフルエンザウイルス

エンベロープを有するマイナス鎖の一本鎖ウイルスで、分類上はオルトミクソウイルス科に属する。A型、B型、C型インフルエンザウイルスの3属を指す。

本来はカモなど水禽類を自然宿主としており、感染部位は腸管である。後述するように本ウイルスは変異することでヒトの呼吸器への感染能を獲得したものと考えられている。1918年に世界的に流行したスペイン風邪（H1N1亜型のA型インフルエンザ）、1957年のアジア風邪（H2N2亜型）、1968年のA型香港風邪（H3N2亜型）など大規模な流行の原因となったウイルスはいずれもトリインフルエンザウイルスの変異株によるものである。

・高病原性トリインフルエンザの定義

トリインフルエンザウイルスは、ニワトリに対する病原性によって高病原性トリインフルエンザ（HPAI）ウイルスと低病原性トリインフルエンザ（LPAI）ウイルスとに区別される。一般に、高病原性トリインフルエンザウイルスはニワトリ、シチメンチョウ、ウズラ等の家禽類の大量斃死の原因となる。一方、低病原性ウイルスによっては軽い呼吸器症状が出る程度で、無症状で推移することも少なくない。これまでに世界各地で報告された高病原性トリインフルエンザウイルスは血清亜型がH5あるいはH7のウイルスに限られるが、H5およびH7ウイルスが必ずしも高病原性トリインフルエンザを発症するとは限らない。しかし、そのような低病原性のH5およびH7ウイルスもいずれは高病原性に変化する可能性があることから、病原性の強さにかかわらず、H5およびH7ウイルスが家禽類（ニワトリ、アヒル、ウズラ、シチメンチョウ）に認められた場合には、すべて家畜伝染病（法定伝染病）の高病原性トリインフルエンザとして、殺処分等の措置の対象としている。なお、農林水産省では混乱を避けるために「低病原性」という表現は用いず、「高病原性トリインフルエンザウイルス（弱毒タイプ）」という表現を用いている。

・野鳥との関わり

野鳥とくにカモなどの水禽類は自然界に存在する多様なトリインフルエンザウイルス

(亜型)を保有している。インフルエンザウイルスは繁殖地の幼鳥から高頻度に(約30%)分離され、その一方で成鳥からの分離頻度は低い(5%以下)ことが知られている。多くのトリインフルエンザウイルスは水禽類に対してほとんど病原性を示さない(不顕性感染)もので、水鳥を対象としたわが国での疫学調査においてH5およびH7亜型のウイルスが分離されるものの、水禽類が大量斃死に至った例は報告されていない。したがって、本ウイルス性疾患がわれわれの眼に触れるのはもっぱら感受性の高いニワトリなどの家禽類に伝播した場合に限られる。幸い、世界的に見てもニワトリ等での集団感染事例は数年に一度程度の報告にとどまっており、家禽類への伝播頻度もそれほど高くないことが推察される。

本来、トリインフルエンザウイルスは腸管系の感染症で、感染した水禽類の糞便中に多量のウイルスが排泄される。トリからトリへの感染は糞便やそれに汚染された水や餌を介したいわゆる糞 - 口感染と考えられる。

・ヒトへの感染性の獲得

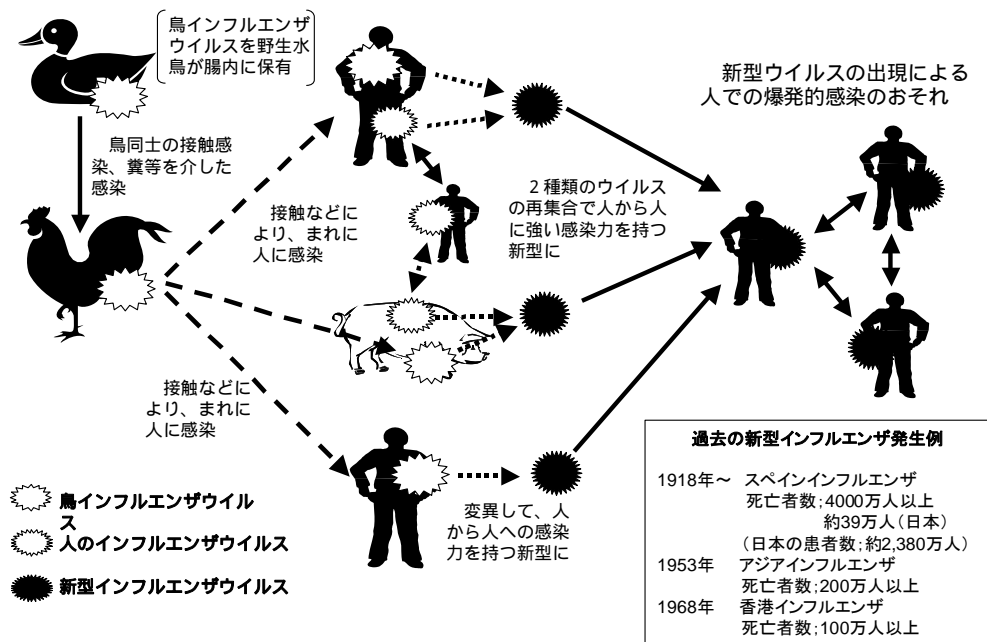
トリでの病原性の強さは家禽類の飼育農家など産業界への影響は甚大となるが、ヒトの疾病としては必ずしも鳥類での病原性の強さが問題となるわけではない。かつて経験したスペイン風邪、A香港型インフルエンザなどの原因ウイルスはいずれも弱毒タイプのウイルスから派生したものであった。専門家の中には、弱毒タイプの蔓延こそがヒトへの危険性が高いと指摘するむきもある。すなわち、低病原性の場合にはニワトリが大量に斃死しない(不顕性)ので、結果的にヒトやブタなどとの接触期間が長く、さらにニワトリとの接触が濃密化する可能性が高いからである。

本来トリを宿主とするウイルスがどのような経緯を経てヒトへの感染性を獲得するものかは必ずしも明らかではないが、いくつかの可能性が指摘されている(図1)。

このウイルスの変異で重要なことは、異なった2種類のウイルス株が同じ細胞あるいは宿主(豚やヒト)に感染すると、それらの合いの子(reassortant)ウイルスができることである。そのため、トリインフルエンザウイルスがヒトやブタに感染すると、固有のインフルエンザウイルスと混ざり合って新型ウイルス(合いの子)に変異するか、あるいはヒトの体内で独自に変異するかのいずれかによってヒトへの感受性を獲得するものと考えられている。いずれの場合も偶発的に起こるものであって、その確率は低い。

1. インフルエンザウイルスは合いの子ウイルスができる
2. ヒトやブタへの感染は偶発的なもので、多量のウイルスに曝露されることで発生する
3. ヒトやブタでの偶発的な感染と、そこでのウイルスの変異はヒトへの感染性の獲得につながる
4. 免疫を持たない疾病の被害は量的・質的に甚大となる

トリインフルエンザに対して最大の注意が払われている理由は第4の点で、上述したように歴史的に新型のインフルエンザウイルスが免疫をもたない人類に対してきわめ



(厚生労働省、新型インフルエンザ対策報告書より転載)

図1 トリインフルエンザと新型インフルエンザの関係

で深刻な被害をもたらすことが示されているからである。ところで、ヒトに対する感染性を獲得(変異)する頻度はヒトなどへの侵入頻度に依存することから、新型ウイルス対策の要点はウイルスの拡散を防ぐことといえる。

・水道との関連

本来の宿主ではないヒトへの感染は患鳥(ウイルス)との濃密な接触がない限り起こらないもので、この観点からすれば水道水を介したヒトへの感染は考え難い。しかしながら、水道水がウイルスの拡散に寄与する可能性は否定できない。環境庁による渡り鳥の調査から、わが国の河川や湖沼にはかなりの数の水禽類が飛来している。水禽類が集中する湖沼・河川を水源とする浄水施設は少なからず存在する。仮に、継続的にトリインフルエンザウイルスが水道水を介して広域に拡散した場合には、ヒトや他の動物への接触の機会を著しく高めることになり、ウイルスの変異の機会を押し上げる結果となる。この時期の水質管理はインフルエンザのパンデミック阻止の面からも重要である。

参考文献

1. Perelberg, A., M. Smirnov, M. Hutoran, A. Diamant, Y. Bejerano, M. Kotler. (2003) Epidemiological Description of a New Viral Disease Afflicting Cultured *Cyprinus carpio* in Israel. *The Israeli Journal of Aquaculture*. Vol.55. No.1. pp.5-12.
2. Yoshimizu, M., T. Yoshinaka, S. Hatori, H, Kasai. (2005) Survivability of Fish

Pathogenic Viruses in Environmental Water, and Inactivation of Fish Viruses. *Bull. Fish. Res. Agen. Supplement*. No.2. pp.47-54.

3. Kasai, H., Y. Muto, M. Yoshimizu. (2005) Virucidal Effects of Ultraviolet, Heat Treatment and Disinfectants against Koi Herpesvirus (KHV). *Fish Pathology*. Vol.40. No.3. pp.137-138.
4. Amoy Epidemic and Pandemic Alert and Response (EPR) : http://www.who.int/csr/don/2003_03_31/en/index.html
5. Outbreak of Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS) at Amoy Gardens, Kowloon Bay, Hong Kong Main Findings of the Investigation (Hong Kong Department of Health) : http://www.info.gov.hk/info/ap/pdf/amoy_e.pdf
6. Studies of SARS virus survival, situation in China (WHO : Epidemic and Pandemic Alert and Response) : http://www.who.int/csr/sarsarchive/2003_05_05/en/
7. 新型インフルエンザ対策報告書(厚生労働省) : <http://www.mhlw.go.jp/topics/2004/09/tp0903-1.html>

ウイルスによる過去の水系感染事例の整理・解析

分担研究者 矢野一好、西尾 治、片山浩之
研究協力者 田村 務、西川 真、
水中微生物研究会（青木 稔、有井鈴江、
井上 智、猪又明子、北村壽朗、茂野誠一、
新開敬行、高瀬和弥、竹村伸一、館野 泉、
保坂三継、本多正義、矢澤秀行、山下憲司、
吉田靖子）

分担研究報告書

「ウイルスによる過去の水系感染事例の整理・解析」

主任研究者 国包章一 国立保健医療科学院水道工学部
分担研究者 矢野一好 東京都健康安全研究センター微生物部
西尾 治 国立感染症研究所感染症情報センター
片山浩之 東京大学大学院工学系研究科
協力研究者 田村 務 新潟県保健環境研究所
西川 真 新潟県保健環境研究所
水中微生物研究会（会長：金子美光 立命館大学）
青木 稔 神奈川県内広域水道企業団
有井鈴江 神奈川県企業庁水道局
井上 智 横浜市資源循環局
猪又明子 東京都水道局
北村壽朗 神奈川県企業庁水道局
茂野誠一 千葉県衛生研究所
新開敬行 東京都健康安全研究センター
高瀬和弥 東京都産業労働局
竹村伸一 横浜市環境創造局
舘野 泉 神奈川県企業庁水道局
保坂三継 東京都健康安全研究センター
本多正義 埼玉県企業局水道部
矢澤秀行 桐生市水道局水質センター
山下憲司 神奈川県内広域水道企業団
吉田靖子 東京都健康安全研究センター

要 旨

腸管系ウイルスの水系感染事例、飲料水からのウイルス検出事例及び水道原水からのウイルス検出事例を整理・解析した。その結果、水道水を介したウイルス感染は、浄水処理装置が正常に稼働している場合の発生はほとんどない。塩素処理装置の不具合や原水の異常（洪水など）など、何らかのトラブルがあった場合に発生している。しかし、都市部を流域とする河川水などの原水からはウイルスが高率に検出されており、浄水処理を怠るとウイルスの水系感染が起こり得ることが示唆された。

飲料水がウイルス汚染されていないことを保障するには、感染性の有無が判定できるウイルス関連遺伝子検査法の開発が望まれる。

A. 研究目的

本研究の最終目的である「飲料水中のウイルス等に係る危機管理対策」について検討・研究す

るための基礎資料として、国内外におけるウイルスの水系感染事例等を収集・整理する事を目的とした。国内発生事例については、可能な限り現地調査も行い研究班としての原因究明も実施した。

B. 研究方法

国内におけるウイルスの水系感染事例等の情報は、国立感染症研究所感染症情報センターが集計し報告している病原微生物検出情報を中心に収集した。海外の情報収集は、二年ごとに開催されている HEALTH-RELATED WATER MICROBIOLOGY の論文集 (*Water Science and Technology*) を中心に行った。この論文集は、水環境微生物に携わる多くの研究者が参加する国際学会で発表された論文をまとめたものであり、水環境微生物関連の情報が網羅されていると考えられる。

環境水のウイルス汚染実態調査は、世界的にも1970年代後半から1980年代にかけて精力的に行われていることから、情報収集も1980年代以降の論文集を中心に行った。

具体的には、HEALTH-RELATED WATER MICROBIOLOGY の論文集を翻訳し、水環境微生物の制御について勉強会を行っている自主研究グループ「水中微生物研究会（会長：立命館大学金子光美教授）」の有志と研究協力体制を構築して実施した。

文献情報の整理は、以下の項目に焦点を当てて行い、発表年次又は発生年次の新しい順に整理した。

1. 大分類

- ① 飲料水が原因と考えられるウイルスの水系感染事例であって、患者検体と原因水系の両者から特定のウイルスが分離・検出された事例の収集
- ② 飲料水が原因と考えられるウイルスの水系感染事例であるが、原因水系からは特定のウイルスが分離・検出されなかったため疫学解析の結果から水系感染と断定した事例
- ③ 飲料水からのウイルス分離・検出事例であるがヒトへの水系感染は認められなかった事例
- ④ 飲料水の原水（河川水等）からのウイルス分離・検出事例

2. 情報整理

文献情報の整理は、大分類、文献名、著者名、原文タイトル、和文タイトル、キーワード、発生国・地域、発生時期、発生場所、被害状況、推定感染源及び判断根拠、対応・対策等、その他重要事項とした。

C. 結果と考察

1. 感染源と考えられた飲料水及び患者の両者からウイルスが検出された事例（表1～表9）

飲料水が原因と確定されたウイルスの水系感染事例をまとめた。海外の事例は、文献調査によって情報収集と解析をおこなった。

わが国における事例は、文献調査にあわせて、現地調査等を実施し本研究班としての解析・考察も行った。

1. 1 わが国における感染事例

わが国における事例を表1～3に示した。わが国で発生した飲料水を介したウイルス感染事例で、患者及び感染源と考えられた飲料水の両者からウイルスが検出された事例は非常に少ない。このことは、感染事例がないのではなく、飲料水からのウイルス検出技術等の未整備による影響のほうが大きいと考える。近年（2000年代）になって、ノロウイルスを中心とした遺伝子

検索技術が進歩し、この技法を水中ウイルスの検査にも導入したことによって、ウイルスの水系感染実態が究明されつつある。

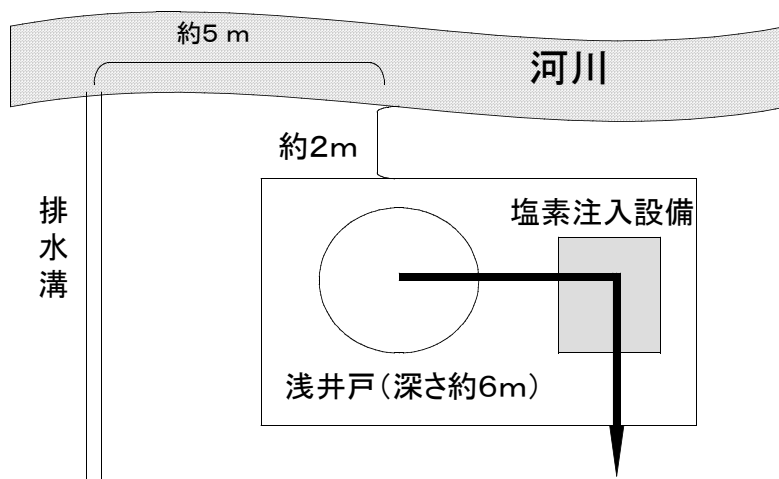
事例1：簡易水道が原因と考えられたノロウイルス感染症の流行（表1）

この事例は、2005年3月16日～18日にかけて秋田県の山間部でノロウイルスによる感染性胃腸炎患者が発生したことに端を発する。発症者数は3日間で14世帯29名となり、そのうちの16名について検便を行い11名からノロウイルス関連遺伝子（ノロウイルスは、培養ができないウイルスであることから、現行のノロウイルス検査のほとんどは、PCR法などによるウイルス関連遺伝子の検出をもってノロウイルス陽性と判定している。したがって、正確にはノロウイルス関連遺伝子の検出と表記すべきであるが、便宜上以下、ノロウイルスの検出と略記する）が検出されている。

感染源の究明に努力した結果、共通する感染経路として集落内の94世帯258人に供給している簡易水道水が疑われた。簡易水道の水源として使用されていた井戸水を原水とする水道水からノロウイルスが検出された。井戸水から検出されたノロウイルスの遺伝子パターンと患者から検出されたウイルスの遺伝子のパターンが一致したことで、本事例は飲料水を介したノロウイルス感染事例であったと断定された。

井戸水がウイルス汚染された原因を調査した結果、井戸の深さが6 m と浅かったこと、井戸から約2 m 離れたところに河川があったこと及び約5 m 離れたところに生活廃水の排水溝があったため、汚染水が井戸に侵入した可能性が示唆された（図1）。

しかも、塩素注入装置が不調であったため、水中に生残していたノロウイルスが不活化されないまま飲料水として供給された可能性が強い。



対策（教訓）としては、井戸水を原水とする場合は生活廃水によって汚染されにくい井戸を選択すること。原水の水質が良好に思える場合でも塩素消毒を徹底しなければ感染症の発生につながる恐れがあることを水道管理者が自覚すべきである。

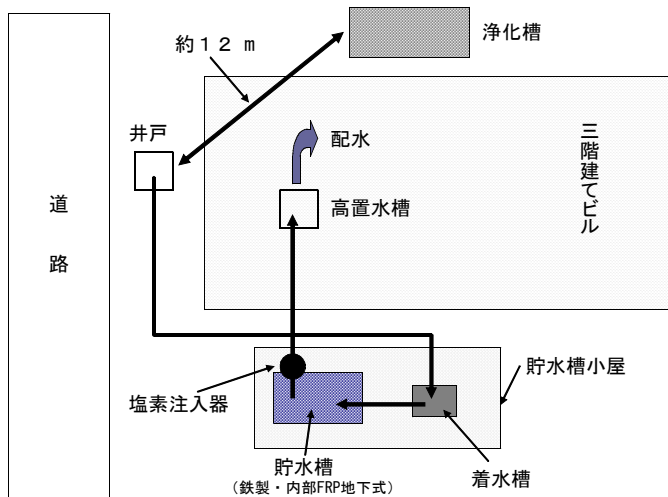
図1 事例1にかかわる井戸の配置図

表 1

分類	ヒト及び飲料水の両者からウイルスを検出した事例
文献名	病原微生物検出情報26:150-151, 2005
著者	齋藤博之、佐藤寛子、阿部真理子、石塚志津子、原田誠三郎、鈴木紀行、北嶋哲彦、高橋治、川村之聡、金恵美子、堀内和之、永須昭夫、渡邊 稔、小椋真吾、伊藤善信
タイトル	簡易水道が原因と考えられたノロウイルスの流行—秋田県
発生国（地域）	日本（秋田県）
発生時期	2005年3月
被害状況	14世帯29名
推定感染源	飲用井戸（簡易水道水）が感染源。 発症者16名中11名、簡易水道水から、RT-PCR法でノロウイルスGⅡを検出。遺伝子解析で患者の全てと水道水のパターンが一致した
対応・対策等	水道を停止し、給水車に切り替えた
その他の重要事項	原水を採取する井戸の深さは6 m と浅く井戸から2 m のところに川が流れていた。集落のトイレは浄化槽あるいは汲み取り式であった。
備考	塩素注入装置は不調で機能していなかった。

事例 2：飲料水を原因とするノロウイルス食中毒（表 2）

この事例は、2003年3月17日～27日にかけて新潟県で発生した飲料水（井戸水）を介したノロウイルス感染事例である。疫学調査の結果、県内に所在するカラオケハウスで提供された井戸水を使用した「飲料」が原因であると推定された。



暴露数は27グループ227名、患者数151名にのぼった。患者75名の糞便についてウイルス検査を実施した結果、21名の糞便からノロウイルスが検出されてる。また、井戸水からもノロウイルスが検出されており、両者の遺伝子パターンが一致したことから井戸水による感染事例と断定された。現地調査の結果、図 2 に示したように原因となった井戸は、深さ10m 程度であり道路脇に掘られていた。

図 2 事例 2 にかかわる井戸の配置図



また、写真1に示したごとく井戸と地表面の段差はまったくなく、地表に降った雪や雨が容易に混入する状態であった。貯水槽も老朽化して破損しており、かつ設置場所は坂道を下った低い場所であった。井戸水の塩素消毒装置も作動しておらず、次亜塩素酸ナトリウム容器も空になっていた。

この事例からも、ウイルスの水系感染防止には塩素処理の徹底が重要であることが示唆された。

写真1 事例2の井戸の設置状況

表2

分類	ヒト及び飲料水の両者からウイルスを検出した事例
文献名	病原微生物検出情報26:330-331, 2005
著者	田村 務、西川 真、飯田和久、新井田良平、柴竹美和子、角田由紀子、西尾 治
タイトル	飲料水が原因のノロウイルスによる食中毒事例—新潟県
発生国（地域）	日本（新潟県）
発生時期	2003年3月
被害状況	カラオケハウスを利用した27グループ227名中151名が患者となった。
推定感染源	飲用井戸が感染源。 患者便25件中21件からノロウイルスが検出された。井戸水はGIが100ml中9,600コピーが認められ、GIIは検査していない。患者および井戸水の遺伝子解析の結果、GIは患者と井戸水から検出された遺伝子配列が100%一致した。患者からGII型に属するものが検出され、2つのノロウイルスに起因していた。
対応・対策等	井戸水の使用を中止し、水道を施設配管に直結し、給水するようにした。
その他の重要事項	井戸水はジュースディスペンサーと製氷機に直結され、チューハイやジュースに供給されていた。井戸は道路の脇にあり、深さは10m以内で、受水槽は老朽化のため破損があり周囲に水が溢れた状態であった。井戸水には褐色の浮遊物が見られた。塩素滅菌器の次亜塩素酸ナトリウムは空であった。浄化槽が井戸から12mの所にあり、しかも井戸よりも高い位置にあった。
備考	

事例3：井戸水からノロウイルスが検出された食中毒事例（表3）

この事例は、2004年5月に長野県で発生した飲料水（井戸水：自家水）を介したノロウイルス感染事例である。疫学調査の結果、県内に所在する旅館が自家水として使用していた井戸水が原因であると推定された。暴露数は旅館利用者160名、患者数65名にのぼった。患者38名の糞便についてウイルス検査を実施した結果、28名の糞便からノロウイルスが検出されている。また、井戸水からもノロウイルスが検出されており、両者の遺伝子パターンが一致したことから井戸水による感染事例と断定された。

表3

分類	ヒト及び飲料水の両者からウイルスを検出した事例
文献名	感染症学雑誌 印刷中（2006年5月号掲載予定）
著者	徳竹由美、小林正人、秋山美穂、愛木智香子、西尾 治
タイトル	井戸水からノロウイルスが検出された食中毒事例
発生国（地域）	日本（長野県）
発生時期	2004年5月
被害状況	旅館を利用した160名中65名が急性胃腸炎となった
推定感染源	飲用井戸が感染源。 患者38名中28名、従事者13名中8名、井戸水からノロウイルスが検出された。遺伝子配列は患者、従事者および井戸水ともに100%一致した。遺伝子型はGⅡ/4であった
対応・対策等	井戸水の使用を止め、水道に切り替えた
その他の重要事項	井戸水は各室のパントリー、全客室、各階トイレ、浴室の蛇口等で使われていた。井戸は10m以内と浅く、井戸の近くには生活排水が流れる川が存在した。
備考	

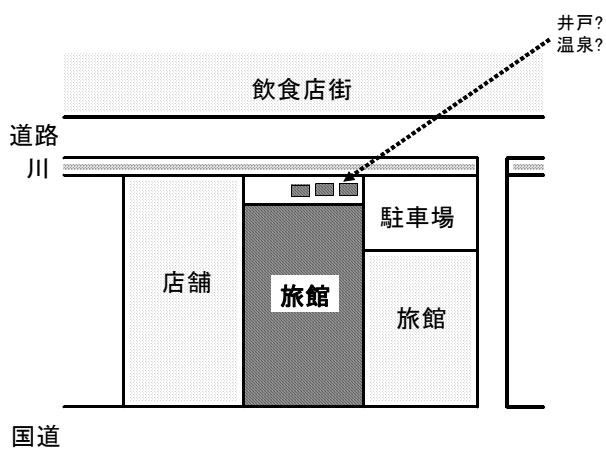


図3 事例3にかかわる旅館と飲用井戸の配置図

原因となった井戸は、深さ10m程度であり、すぐ近くに生活排水が流れる川がある。

この事例も、井戸近辺に生活排水が流入している川が流れていた。また、消毒のための塩素注入装置は作動していたが注入量が少なく0.05 mg/L程度の遊離塩素濃度しか確保されていなかった。

塩素処理の徹底など浄水処理の重要性が再確認された事例であった。

1. 2 諸外国における感染事例

諸外国における事例を表4～表9にまとめた。諸外国における水系感染事例も我が国と同様、井戸水を原水とした小規模水道の消毒不十分による場合が多く、大規模水道施設での事故例は見受けられない。

表4には、フィンランドで1998年から2003年の間に確認されたノロウイルスによる感染事例を示した。この事例の原因は消毒不十分か未消毒という初歩的なミスである。飲料水を介した感染症の流行は、時として広範囲、かつ多人数に起こりうることが示唆された。この事例では最大で5,500人の患者が確認されている。

表4

分類	ヒト及び飲料水の両者からウイルスを検出した事例
文献名	Emerging infectious diseases, 11(11), 1716-1721, 2005.
原文タイトル	Norovirus outbreaks from drinking water
著者	Leena Maunula, Ikka T. Mietinen and Carl-Henrik von Bonsdorff
和文タイトル	水道水によるノロウイルスの流行
キーワード	ノロウイルス、ロタウイルス、水道水、集団感染
発生国（地域）	フィンランド
発生時期	1998~2003年の水系感染症発生調査期間中に、41回流行があり、そのうち28回がノロウイルス、1回がロタウイルスによるものであった（患者糞便検査結果）。41流行のうち27流行で水道水の試験を行い、18流行でノロウイルスが検出された。
発生場所	コミュニティ9回、貸しコテージ2回、キャンプ2回、工場、温泉、私有井戸、農場、ゲストハウス、
被害状況	患者数200人以上6回（最大5,500人）、40~100人7回、20人未満5回
推定感染源	表流水3回、地下水8回、井戸7回（表流水は消毒不十分、他は未消毒）
検出病原体	ノロウイルス
検出方法	試料水1Lをゼータプラスフィルター法で濃縮し、RT-PCR法で検出。シーケンシングによりジェノタイプを決定。
対応・対策等	特になし
その他重要事項	フィンランドでは、1997年から水系感染が疑われる症例を National Public Health Institute へ報告することが義務づけられた。水系感染が疑われると患者3~10人の糞便検査を行い、ウイルス陽性の場合、原水および複数の給水栓水のウイルス検査を行った。水道水と患者糞便についてノロウイルスのジェノタイプを調べ、両者から同一のジェノタイプが検出される例が多いことが確認された。大腸菌群不検出にもかかわらず、ノロウイルスが検出される場合が多々あり、糞便指標細菌がウイルスに指標にはならないことが示された。ノロウイルスによる水系感染の遍在が示されたことから、水道事業者はウイルスリスクへの関心を高めている。
備考	

表5には、スウェーデンのストックホルムで発生したノロウイルスの水系感染事例を示した。この事例も、未消毒の井戸水を飲料水としている事例であり、患者数は200名にのぼった。

表5

分類	ヒト及び飲料水の両者からウイルスを検出した事例
文献名	Emerging infectious diseases, 9(12), 1548-1552, 2003.
原文タイトル	Emerging genotype (GG II b) of Norovirus in drinking water, Sweden
著者	Karin Nygård, Maria Torvén, Camilla Ancket, Siv Britt Knauth, Kjell-Olof Hedlund, Johan Giesecke, Yvonne Andersson and Lennart Svensson
和文タイトル	スウェーデンの水道水におけるノロウイルス GG II b の流行
キーワード	ノロウイルス、水道水、集団感染、糞便汚染
発生国（地域）	スウェーデン（ストックホルム）
発生時期	2001年5~6月
発生場所	キャンプ場および会議場
被害状況	キャンプ場と会議場に訪れた人および従業員合わせて約200人。
推定感染源	水道水としている井戸（未消毒）が、下水の越流により汚染された。
検出病原体	ノロウイルス
検出方法	試料水0.5Lをゼータプラスフィルター法で濃縮し、RT-PCR法で検出。シーケンシングによりジェノタイプを決定。
対応・対策等	1. 飲料水と調理用水の煮沸勧告（しかし、感染は拡大） 2. 施設の閉鎖（感染拡大は終息）。 3. 井戸水の飲用をやめ、公共水道へ切り替え。
その他重要事項	水道として井戸水を未消毒で利用しており、流行発生前の2001年4月に井戸から100mの地点で下水の越流があった。この地点の土壌は深さ1~2mしかなく、その下の岩に亀裂があったことから、井戸（80m深）が汚染されたと考えられる。胃腸炎の流行時に、糞便・井戸水・水道水・海水・食品についてウイルス（電子顕微鏡観察）、サルモネラ、赤痢菌、カンピロバクター、エルシニアの検査を行った結果、糞便・井戸水・水道水からノロウイルスのみが検出された。井戸水と水道水からは、糞便汚染指標細菌の大腸菌群、大腸菌、糞便性連鎖球菌が検出された。患者糞便と水道水から検出されたノロウイルスはどちらもGG II bであった。飲料水と調理用水の煮沸勧告後も感染が拡大した原因として、汚染水のシャワーによるエアロゾルや、洗濯用水による衣類の汚染が考えられた。
備考	

表6に示したアメリカ（ワイオミング州）の事例も、下水汚染された井戸水の使用で、かつ塩素消毒の不備によるものである。

表6

分類	ヒト及び飲料水の両者からウイルスを検出した事例
文献名	Applied and environmental microbiology, 69(9), 5263-5268, 2003.
原文タイトル	Water outbreak of gastroenteritis associated with a Norovirus
著者	Sandhya U. Parshionikar, Sandra Willian-True, G. Shay Fout, David E. Robbins, Scott A. Seys, Joslyn D. Cassady and Richard Harris
和文タイトル	ノロウイルスの水系感染による胃腸炎の流行
キーワード	ノロウイルス、水道水、集団感染、塩素消毒、糞便汚染
発生国（地域）	アメリカ（ワイオミング州）
発生時期	2001年9~10月
発生場所	旅行者用サロン（ワイオミング）
被害状況	急性胃腸炎84/111（76%） 患者84名のうち、91%（吐き気）、85%（下痢）、82%（嘔吐）、73%（筋肉痛） 9月23日～25日：患者6名 10月8日～9日：患者7名 10月15日～16日：患者5名 10月19日～23日：患者62名
推定感染源	水道水としている井戸が下水により汚染され、固形塩素剤が落下口の閉塞で井戸に投下されていなかった。
検出病原体	ノロウイルス（G1）
検出方法	試料水2010Lをカートリッジフィルターで濃縮し、うち50L分をRT-PCR法で検出。シーケンシングによりジェノタイプを決定。
対応・対策等	施設の閉鎖。
その他重要事項	水道として井戸水を利用しており、法令で定められている年4回の細菌検査で糞便性大腸菌群が陽性となった1995年以降、井戸に固形塩素剤を投入して消毒を行っていた。井戸（深さ80フィート）から50フィート離れた地点に破損が見られる浄化槽があった。電話での聞き取りによる後ろ向きコホート調査の結果、飲料水や氷を摂取した人の発症率は摂取しなかった人よりも4.5倍高く、41食品はどれも疾病との相関は見られなかった。井戸水5/6検体が糞便性大腸菌群陽性、水道水6/6検体が糞便性大腸菌群陽性であった。患者の糞便と井戸水についてウイルス検査を行ったところ、G1 subtype 3が両者から検出されたため、これが原因と推定された。
備考	

1998-1999年にかけてフィンランドで発生したノロウイルス感染症の流行は、湖水を原水とした公営水道による流行である。最大で住民の90%以上が罹患している。原因は明らかでない。事例の概要は表7に示した。

表7

分類	ヒト及び飲料水の両者からウイルスを検出した事例
文献名	Water Science and Technology, 43(12), 67-71, 2001
原文タイトル	WATERBORNE EPIDEMICS IN FINLAND IN 1998-1999
著者	I.T.Miettinen, O.Zacheus, C-H.von Bonsdorff and T.Vartiainen
和文タイトル	1998-1999年のフィンランドにおける水系感染症の流行
キーワード	汚染、飲料水、微生物、水系感染症の流行
発生国（地域）	フィンランド
発生時期	1998-1999年に14回、うち8回がノロウイルスによる。
発生場所	半分は公営水道、半分は市営水道（キャンプ場等）
被害状況	（うち1回）流行時、住民の90%以上（2500人）が罹患
推定感染源	（うち1回）湖水を原水とする飲料水 （急速砂ろ過、0.2-0.3 mg/Lの塩素処理）
検出病原体	ノロウイルス
検出方法	陽電荷フィルターろ過→RT-PCR
対応・対策等	（うち1回）住民ほぼ全てが罹患したため終息
その他重要事項	
備考	流行時は通常、煮沸勧告、塩素処理、管路洗浄、ショック塩素処理（5-10 mg/Lの塩素処理） 流行の原因となっているのは、一位がノロウイルス、2位がカンピロバクターの順

表 8 には、米国メリーランド州で1981年に発生した A 型肝炎の水系感染事例を示した。小規模の集落であったため14名の感染者で終息している。

表 8

分類	ヒト及び飲料水の両者からウイルスを検出した事例
文献名	WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY、17(10)、1984. (WATER VIROLOGY 1984)
原文タイトル	DETECTION OF HEPATITIS A VIRUS (HAV) IN DRINKING WATER
著者	M. D. Sobsey, S. E. Oglesbee, D. A. Waite and A. I. Cuenca
和文タイトル	飲料水中の A 型肝炎ウイルスの検出
キーワード	水、A 型肝炎ウイルス、検出、濃縮、メンブランフィルター、有機凝集法
発生国 (地域)	米国 (メリーランド州)
発生時期	1981年4月～6月 (公衆衛生機関に報告された時期 発生時期はこれより以前と思われる)
発生場所	総人口330人、100世帯からなる小規模集落
被害状況	調査対象者190人中14名の感染者
推定感染源	自家用井戸と泉
検出病原体	A 型肝炎ウイルス
検出方法	細胞培養 (AGMK 細胞) と蛍光抗体法による直接計数 492～946 L をゼータプラスフィルターで20 mL に濃縮
対応・対策等	なし
その他重要事項	エコーウイルスも同時に検出している。 チンパンジーを使った感染試験を行っている。
備 考	本論文の前半部分は HAV の濃縮方法の検討

表9の事例は、米国テキサス州での住民の79%罹患した胃腸炎と36症例を数えたA型肝炎の流行である。

表9

分類	ヒト及び飲料水の両者からウイルスを検出した事例
文献名	Journal American Water Works Association June p. 318-321, 1982.
原文タイトル	Viruses in a community water supply associated with an outbreak of gastroenteritis and infectious hepatitis
著者	T. W. Hejkal, B. Keswick, R. L. LaBelle, C. P. Gerba, Y. Sanchez, G. Dreesman, B. Hafkin, and J. L. Melnick
和文タイトル	胃腸炎と感染性肝炎の流行に関する供給水中のウイルス
キーワード	
発生国（地域）	米国（テキサス州）
発生時期	1980年6月
発生場所	Georgetown
被害状況	1980年6月＝胃腸炎（住民10,000人のうち79%） 7月＝A型肝炎 36症例
推定感染源	Central-city wells（深さ57～64 m、750,000 gal／日）
検出病原体	A型肝炎ウイルス、ロタウイルス、コクサッキーB群ウイルス2・3型
検出方法	陽電荷フィルター法 エンテロウイルス、A型肝炎ウイルス：細胞培養法 ロタウイルス：蛍光抗体法
対応・対策等	特になし
その他重要事項	
備考	

2. 疫学解析の結果から水系感染と断定した事例（表10～表18）

疫学解析によって水系感染が疑われた事例は、諸外国からの報告のみで、わが国における解析事例は見あたらない。

表10の事例は、諸外国ではしばしば採用されている疫学調査方法（電話調査）により推定されたロタウイルスによる水系感染事例である。

表10

分類	水系感染事例（疫学的解明）
文献名	Wat.Sci.Tech.,47(3), 7-14, 2003.
原文タイトル	A fatal waterborne disease epidemic in Walkerton, Ontario: comparison with other waterbone outbreaks in the developed world.
著者	S.E.Hrudey, P.Payment, P.M.Huck, R.W.Gillham and E.J.Hrudey
和文タイトル	オンタリオ州 Walkerton における致命的な水系感染症： 先進国における他の水系感染症発生との比較
キーワード	カンピロバクター、腸管出血性大腸菌 O157:H7、健康リスク、 複合的な防御、水系感染発生、Walkerton Inquiry
発生国（地域）	米国（コロラド州、Eagle-Vail）
発生時期	1981年3月
発生場所	米国コロラド州中部にある山間の2つの集落(Eagle-Vail、Avon)で 主にスキーの拠点となっている。
被害状況	電話調査で得た感染率： 1回目32%（41名/128名） 2回目48.2%（81名/168名） 2つの集落の人口は約3540名、著者推計で約1500名発症
推定感染源及び判断根拠	統計学的に患者の分布と2つの集落の給水区域が関係することが認められたため、飲料水が推定感染源とされた。 調査はコロラド州と USEPA により行われた。 患者の糞便検査とペア血清検査により、ロタウイルス感染が確認された(患者7人中5人から)。サルモネラ、赤痢菌、カンピロバクター、ジアルジア、ノロウイルス、腸管毒素原性大腸菌は陰性であった。 糞便検査は EM により、ペア血清検査は IEM と RIA で行った。
対応・対策等	
その他重要事項	
備考	AWWA, 78(1) 34-39, 1986. にも掲載されている。

表11の事例は住民の健康リスク評価（疫学調査）の一環として調査された事例である。

表11

分類	水系感染事例（疫学的解明）
文献名	Water Science and Technology, 43(12), 39-48, 2001.
原文タイトル	A new analytical tool to assess health risks associated with the virological quality to drinking water (EMIRA study)
著者	L.Gofti-Laroche, B.Gratacap-Cavallier, O.Genoulaz, J.C.joret, Ph.Hartemann, J.M.seigneurin and D.Zmirou
和文タイトル	飲料水のウイルスに関する健康リスクを評価する新しい分析手法（EMIRA 調査）
キーワード	飲料水、疫学調査、エンテロウイルス、ロタウイルス、アストロウイルス、RT-PCR
発生国（地域）	フランス（アルプス地方;Isere 県、Savoie 県）
発生時期	1999. 2
発生場所	集水域の家畜とコミュニティの廃水の暴露から保護されておらず、汚染の影響を受けやすい地下水由来の飲料水の給水区域
被害状況	
推定感染源及び判断根拠	①疫学調査による急性胃腸炎患者の増加。 ②飲料水の微生物調査の結果、エンテロウイルス、ロタウイルスを検出、糞便性大腸菌群不検出、ジアルジア；10/100 L となった。
対応・対策等	
その他重要事項	
備考	

表12の事例は、浄水からノロウイルスが検出された事例であり、患者発生については疫学調査によって判明した事例である。

表12

分類	水系感染事例（疫学的解明）
文献名	The journal of infectious diseases, 180, 1771-1776, 1999.
原文タイトル	Outbreak of viral gastroenteritis due to drinking water contaminated by Norwalk-like viruses
著者	Marja Kukkula, Leena Maunula, Esa Silvennoinen and Carl-Henrik von Bonsdorff
和文タイトル	ノーウオーク様ウイルスで汚染された水道水によるウイルス性胃腸炎の流行
キーワード	ノロウイルス、水道水、集団感染、塩素消毒
発生国（地域）	フィンランド（中央部 Heinävesi 市）
発生時期	1998年3~4月
発生場所	Heinävesi 市内
被害状況	住民4860人中、1700~3000人の患者が発生したと見積もられている（疫学調査結果から）。
推定感染源及び判断根拠	飲料水からノーウオーク様ウイルス（ノロウイルス）を検出。
検出病原体	ノーウオーク様ウイルス（ノロウイルス）
検出方法	試料水 1 L をゼータプラスフィルター法で濃縮し、RT-PCR 法で検出。シーケンシングによりジェノタイプを決定。
対応・対策等	配水池における残留塩素濃度を、目標値0.8 mg/L 以上に強化した。
その他重要事項	浄水処理は砂ろ過+塩素処理で、次亜塩素酸ナトリウムを自動注入している。胃腸炎の流行時に、ノーウオーク様ウイルス（ノロウイルス）、アストロウイルス、アデノウイルス、ロタウイルス、サルモネラ、赤痢菌、カンピロバクター、エルシニア、エロモナス、プレシオモナス、ジアルジア、クリプトスポリジウムについて検査を行ったが、ノーウオーク様ウイルス（ノロウイルス）のみが検出された。浄水場配水池での残留塩素目標濃度は0.8 mg/L であるが、流行時の残塩は0.07~0.3 mg/L と低く、全く検出されない時もあった。水道水を生で飲用している人は、私有井戸・湯冷まし・ボトル水を飲んでいる人よりも発症率が3.5倍高かった。これは、ノーウオーク様ウイルス（ノロウイルス）が原因となった公共水道による初めての水系感染事例であると推定。
備考	

表13の事例は、既報の文献をレビューしたものである。多数の患者発生が疫学調査によって確認されている事例も含まれている。

表13

分類	水系感染事例（疫学的説明）
文献名	水中の健康関連微生物 1990 水中の健康関連微生物に関する IAWPRC 国際シンポジウム報告 192-197
原文タイトル	A REVIEW OF THE EPIDEMIOLOGY AND DIAGNOSIS OF WATERBORNE VIRAL INFECTIONS
著者	W.D.Cubbit
和文タイトル	水系ウイルス感染症の疫学とその診断法
キーワード	水、貝類、ロタウイルス A 群、ロタウイルス B 群、カリシウイルス、小型球形ウイルス（SRSV）、アストロウイルス、パルボ様ウイルス、下痢
発生国（地域）	ロタウイルス A 群：米国（コロラド州） ロタウイルス B 群：中国大陸
発生時期	ロタウイルス A 群：記載無し ロタウイルス B 群：1982～1983
発生場所	ロタウイルス A 群：リゾートタウン ロタウイルス B 群：地方の川から取水している水道の利用者
被害状況	ロタウイルス A 群：1750名が感染 ロタウイルス B 群：100万人を超える患者発生
推定感染源及び判断根拠	ロタウイルス A 群：塩素注入機の故障、原水の汚染（便所からの流入あり）、前処理フィルターが不適當 ロタウイルス B 群：記載無し ロンドン大学児童保健研究所ウイルス部の著者がウイルスによる水系感染についてレビューを行った文献である。
対応・対策等	記載無し
その他重要事項	
備考	

表14の事例は、米国全土を対象として1920年から1988年にかけて実施された疫学調査の結果である。

表14

分類	水系感染事例（疫学的解明）
文献名	水中の健康関連微生物 1990 水中の健康関連微生物に関するIAWPRC 国際シンポジウム報告 17-20
原文タイトル	CAUSES OF WATERBORNE OUTBREAK IN THE UNITED STATES
著者	G.F.Craun
和文タイトル	アメリカ合衆国における水系疾病発生の原因
キーワード	水系疾病、発生、病因、USA
発生国（地域）	米国
発生時期	1920－1988年
発生場所	詳細記述なし（米国全土）
被害状況	1920-1940年：A型肝炎1事例、患者数28人。 1941-1960年：A型肝炎23事例患者数930人、ポリオ1事例16人。 1961-1970年：A型肝炎30事例患者数903人。 1971-1988年：ウイルス性胃腸炎26事例11799人、A型肝炎23事例患者数737人、ポリオ1事例16人。
推定感染源及び判断根拠	USEPA 所属の著者が1920－1988年の米国における水系疾病発生に関する報告（疫学的解析結果）をまとめたもの。
対応・対策等	①1981～1988年の水系疾病の原因のうち、汚染された無処理の地下水や消毒が不十分な地下水の使用が44%、汚染された無処理の表流水や処理が不十分な表流水の使用が26%、クロスコネクションや水道本管の修理による配水管網の汚染が13%であった。 ②1981～1985年にろ過施設のある水道で急激に発生が増加していた。ろ過施設の適切な設計と運転を行うことが重要であると指摘。
その他重要事項	細菌、原虫による疾病の事例、患者数の情報も記載されている。
備考	事例ごとの詳細については記載されていない。

表15の事例は、イギリスで調査された疫学事例である。調査期間は1945年から1987年の間であり、私設水道の消毒不備が原因と推定されている。

表15

分類	水系感染事例（疫学的解明）
文献名	水中の健康関連微生物 1988 第14回国際水質汚濁研究会議セミナー報告論文集 (Water Science and Technology, Vol.21, No.3 1989)
原文タイトル	The Incidence of Waterborne and Water-associated disease in Scotland from 1945 to 1987
著者	C.Benton, G.L.Forbes, G.M.Paterson, J.C.M.Sharp and T.S.Wilson
和文タイトル	1945年－1987年にスコットランドで発生した水系感染症及び水起因疾病
キーワード	水系感染症、流行、公共施設、私設設備、胃腸炎、レビュー
発生国（地域）	イギリス（スコットランド、Aviemore）
発生時期	1986年
発生場所	私設水道（無処理あるいは不適切な処理）
被害状況	7500人
推定感染源及び判断根拠	疫学的解析 1945年－1987年間に57件の発生があり、そのうち件数で5%、患者数で52.2%がウイルス性胃腸炎で、患者数の殆んどが Aviemore に集中していた。
対応・対策等	
その他重要事項	
備考	

表16の事例は寄宿舎で飲料水として使用されていた井戸水が関与したと考えられた事例である。この事例の井戸水も浄化槽などからの汚水の浸透によってウイルス汚染された可能性がある。

表16

分類	水系感染事例（疫学的解明）
文献名	Water Sci. Technol. , 27 (3-4), 199-205, 1993.
原文タイトル	VIRUS ISOLATION AND IDENTIFICATION BY PCR IN AN OUTBREAK OF HEPATITIS A:EPIDEMIOLOGICAL INVESTIGATION
著者	M. Divizia, C. Gnesivo, R. A. Bonapasta, G. Morace, G. Pisani and A. Pana
和文タイトル	PCR 法による A 型肝炎流行例からのウイルス分離と同定：疫学的調査
キーワード	流行、A 型肝炎、分離、PCR、統計解析
発生国（地域）	イタリア（ローマ）
発生時期	1987年4月~5月
発生場所	ローマに所在する寄宿舎と州立学校
被害状況	A 型肝炎患者：寄宿舎、407名中13名 州立学校、子供12名、大人1名
推定感染源及び判断根拠	疫学的に寄宿舎内の井戸水のウイルス汚染を推定した。
検出病原体	A 型肝炎ウイルス（患者検体からのみ検出された）
検出方法	具体的な方法：ELISA、PCR 法 試料水の濃縮：(1)100 L を1MDS 陽電化フィルターにより、ろ過して濃縮し誘出後、PEG 沈殿で濃縮。 (2)100 L を限外ろ過法で濃縮
対応・対策等	4月28日に医師が州立学校における2人の A 型肝炎患者の存在を当局に届出、同日医療当局は疫学調査を実施。497人と面接し407人から血液試料を採取。
その他重要事項	寄宿舎の井戸は、ごく最近掘られたもので古い漏れのある腐敗槽から25-30メートルほどに位置する。
備考	

表17の事例は、スウェーデンで1975年から1984年にかけて実施された疫学調査の結果である。この事例でも下水の排水管を地下水源から分離することを提案している。

表17

分類	水系感染事例（疫学的解明）
文献名	WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY, 18(10), 185-190, 1986.
原文タイトル	Waterborne outbreaks in Sweden -causes and etiology-
著者	Y. Andersonn and I. A. Stenström
和文タイトル	スウェーデンにおける水系感染症の発生 - 原因と病因-
キーワード	水系感染症、キャンピロバクター、赤痢菌、サルモネラ、ウイルス様因子、疫学、技術的欠陥と地下水
発生国（地域）	スウェーデン
発生時期	1975年から1984年
発生場所	家庭内発生から3000人にのぼる集団発生まで
被害状況	調査期間中、32件の水系感染が報告されている。 ウイルス感染事例は； A型肝炎ウイルス感染症：1件33人発症 ロタウイルス感染症：1件3200人発症
推定感染源及び判断根拠	疫学解析の結果による。 ①数人の患者の回復期血清とふん便検体より A 型肝炎ウイルスとロタウイルスの感染が認められた 32件の水系感染感染症のうち、5件は表流水、1件は客船、26件は地下水に、関連していた。 ②発生原因のほとんどは、排水管にそった排水の逆流、下水道の破損、原水の汚染と塩素処理の不調などの技術的欠陥によるものであった
対応・対策等	①下水の排水管を地下水源から分離することを提案。 ②水源取水口での水流の乱れなどに関する水文学的調査を提言。
その他重要事項	①32件の水系感染症（細菌11件、ウイルス2件、原虫1件、不明19件）が報告され、約12000名に影響を与えた ②スウェーデンの人口の約50%は、水源として表流水の供給を受けていて、緩速または急速ろ過され、大部分は薬品凝集沈澱されている。消毒は主に塩素消毒がなされている。塩素投入量は国際水準より低く、水道水中の平均遊離残留塩素濃度は、0.17mg/Lである。 ③地下水や貯留表流水が公共用水道の約50%に用いられ、これらの半分以上は通常消毒されていない。未消毒の地下水は主に個人世帯へ給水されている。
備考	原因不明と分類された数人のふん便からノロウイルス様粒子が見つかったが、感染症の発生に直接関連していないと判断されている。

表18の事例は、疫学的解析結果から、氾濫した河川水が飲用井戸に混入したことによる水系感染事例であると考えられている。

表18

分類	水系感染事例（疫学的解明）
文献名	Viruses and Disinfection of Water and Wastwater., Proceedings of the International Symposium held at the University of Surrey, Guildford, England, 1982
原文タイトル	A Virological Study of the Health Hazards Associated with the Indirect Reuse of Water
著者	R. Walter, H-J. Dobberkau and J. Durkop
和文タイトル	再利用水が健康に及ぼす影響のウイルス学的研究
キーワード	ロタウイルス、集団感染、飲用井戸、河川氾濫
発生国（地域）	旧東ドイツ南部
発生時期	1981年11月～1982年2月
発生場所	氾濫した河川堤防近辺の飲用井戸水を供給されている住民
被害状況	町の人口32万5千人中11,600人以上の患者が発生
推定感染源及び判断根拠	氾濫した河川堤防近辺の飲用井戸水からロタウイルスを検出。疫学的解析結果から判断。
検出病原体	ロタウイルス
検出方法	EM法、免役電気泳動法、ELISA法
対応・対策等	特になし
その他重要事項	飲用井戸の消毒設備を塩素ガスから二酸化塩素へ変更している最中に河川の氾濫が起こった。
備考	

3. 飲料水からのウイルス検出事例（表19～表31）

飲料水からのウイルスが分離・検出されたが、ヒトへの水系感染は認められなかった事例を集約した。確認された水系感染事例はないものの、大規模な水系感染の発生につながるおそれがある事例である。

3. 1 わが国における飲料水からのウイルス検出事例

わが国における飲料水からのウイルス検出事例を表19に示した。この事例は、都内を給水区域とする大規模水道におけるノロウイルス検出事例である。しかし、この事例はノロウイルス関連遺伝子の検出事例であるので、感染性のあるウイルスが飲料水に混入していることを直接裏付けるものではない。感染性ウイルスの存在を意味するか否かの確認が必要であるが、現在の技術では判定が困難である。浄水過程に異常がなければ、感染性を失ったウイルスの遺伝子が検出された可能性が高いと考えられる。

表19

分類	飲料水からのウイルス検出事例
文献名	APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY,70(4), 2154-2160,2004.
原文タイトル	Detection of Noroviruses in Tap Water in Japan by Means of a New Method for Concentrating Enteric Viruses in Large Volumes of Freshwater
著者	Haramoto E., Katayama H. and Ohgaki S.
和文タイトル	日本の水道水からのノロウイルスの検出
キーワード	ノロウイルス、水道水、河川水、濃縮法
調査国（地域）	日本・東京
調査時期	2002-2003年
試料水・件数	水道水：98試料
検出病原体及び検出状況	東京都内の水道水100～500 Lを合計98試料を調べ、そのうち10試料からノロウイルスが検出された。
検体処理（濃縮）	100～500 Lの水道水を、陽イオン添加型陰電荷膜酸洗浄法を用いて濃縮。ミリポア HA膜に、アルミニウムイオンを吸着させ（前処理）、水道蛇口に直結してろ過し、pH3の硫酸溶液4 Lで膜を洗浄した後に pH10.5の水酸化ナトリウム溶液200 mlでウイルスを誘出し、中和する。同じ方法で5 mlに再濃縮した後、Cetriprep YM 50を用いて0.9 mlに濃縮した。
検出方法	濃縮液全量から RNA 抽出を行い、得られた試料に対し、半分をノロウイルス G1,半分をノロウイルス G2の検出試験（逆転写 TaqManPCR法）に供した。
対応・対策等	
その他重要事項	
備考	検出されたウイルスの感染価については不明である。なお、残留塩素が存在していることが確認されている。

わが国における報告事例は本事例以外にはない。今後、調査範囲を拡大して実施する必要があると考える。

3. 2 諸外国における検出事例

諸外国における事例を表20～31にまとめた。諸外国における飲料水からのウイルス検出事例は、浄水場の規模や原水の種類について詳細に記載されていない報文も多いが、井戸水などを原水とした比較的規模の小さい水道施設での報告が多い。

以下、諸外国における飲料水からのウイルス分離・検出事例をまとめた。

表20

分類	飲料水からのウイルス検出事例
文献名	Water Science and Technology, 43(12), 1-8, 2001.
原文タイトル	NEW METHOD FOR THE DETECTION OF VIRUSES: CALL FOR REVIEW OF DRINKING WATER QUALITY GUIDELINES
著者	W.O.K.Grabow, M.B.Taylor and J.C.de Villiers
和文タイトル	新しいウイルスの検出方法：飲料水ガイドラインの再検討
キーワード	ウイルス、飲料水、水質、ガイドライン、培養細胞、PCR
調査国（地域）	南アフリカ
調査時期	2年間（1996－1997）
試料水・件数	WHO ガイドライン（1996年、1997年）に適合した処理を行った飲料水：413試料
検出病原体及び検出状況	ウイルス全体：23%、細胞変性ウイルス：不検出 エンテロウイルス：17%、アデノウイルス：4%、HAV：3%
検体処理（濃縮）	100～1000 L：ガラスウールフィルターでろ過濃縮
検出方法	①細胞培養法：BGM、PLC/PRF/5、CaCo2 ② RT-PCR 法：初代ベルベットモンキー細胞で2代継代後に実施
対応・対策等	
その他重要事項	飲料水全てにおいて、 従属栄養細菌：<100/mL、大腸菌・糞便性大腸菌群：0/100 mL、 体細胞付着ファージ・F-RNA ファージ：不検出/500 mL
備考	カリシウイルス科は調査対象となっていない。

表21

分類	飲料水からのウイルス検出事例
文献名	Proc.ASCE, 103, 803-814, 1977.
原文タイトル	Trihalomethanes and Viruses in a Water Supply
著者	R. C. Hoehn, <i>et al.</i>
和文タイトル	水道におけるトリハロメタン及びウイルス
キーワード	
調査国（地域）	米国（北部バージニア Clccoquan地区）
調査時期	1975.6～1975.9
試料水・件数	浄水場浄水：6件 配水システム：6件
検出病原体及び検出状況	ポリオウイルス1型のみ 浄水場浄水：2/6 配水システム：2/6
検体処理（濃縮）	
検出方法	培養細胞法：初代サル腎細胞と BGM 細胞
対応・対策等	
その他重要事項	
備 考	

表22

分類	飲料水からのウイルス検出事例
文献名	Water Sci. Technol., 27(3-4), 227-233, 1993.
原文タイトル	DETECTIN OF HUMAN HEPATITIS A VIRUS IN ENVIRONMENTAL WATER BY AN ANTIGEN- CAPTURE POLYMERASE CHAIN REACTION METHOD
著者	J. Prévot, S. Dubrou and J. Maréchal
キーワード	A 型肝炎ウイルス、抗原補足法、二段階 PCR 法、ハイブリダイゼーション、環境水
調査国（地域）	フランス（パリ）
調査時期	1991~1993
試料水・件数	飲料水・2検体
検出病原体及び検出状況	A 型肝炎ウイルス
検体処理（濃縮）	陰電化フィルター法：試料水1000 L を10 mL に濃縮
検出方法	二段階 PCR 法、アガロースゲル電気泳動 ドットプロットハイブリダイゼーション
対応・対策等	
その他重要事項	
備考	

表23

分類	飲料水からのウイルス検出事例
文献名	水中の健康関連微生物 1990 水中の健康関連微生物に関する IAWPRC 国際シンポジウム報告 275-279
原文タイトル	DETECTION OF ROTAVIRUSES IN WATER BY PROBES
著者	K.De Leon and C.P.Gerba
和文タイトル	ジーンプローブ法による水中ロタウイルスの検出
キーワード	ロタウイルス
調査国（地域）	スペイン（セビリア）
調査時期	詳細不明。夏との記載あり。
試料水・件数	給水栓水：16検体。
検出病原体及び検出状況	ロタウイルス 1 /16 検出されたこの1事例は、セビリアのホテルの給水栓水であった。
検体処理（濃縮）	718 Lを0.5 mLに濃縮（濃縮方法不明） その後3%牛肉エキスで誘出、0.22 μm ニトロセルロースフィルターでろ過、フロン処理後0.5 mL とし、SephadexG-200カラムで妨害物質を除去した。
検出方法	in vitro 転写/ジーンプローブハイブリダイゼーション法
対応・対策等	記載無し
その他重要事項	ロタウイルスを検出した給水栓水の残留塩素は0.3 mg/L であった。また、この陽性試料は組織培養試験と非特異プローブ結合試験でエンテロウイルス陰性であった。
備考	ジーンプローブ法の検討を行った文献。

表24

分類	飲料水からのウイルス検出事例
文献名	WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY, 18(10), 53-60, 1986.
原文タイトル	Ten year survey of Salmonella and enterovirus in raw and treated waters in the Great São Paulo area, Brazil
著者	M. T. Martins, P. S. Sanchez, E. Marques, C. K. Monteiro and G. Molina
和文タイトル	ブラジル、サンパウロ地域の原水及び処理水中のサルモネラ属菌とエンテロウイルスに関する10年間の調査
キーワード	サルモネラ属菌、エンテロウイルス、水質汚染、水質制御
調査国（地域）	ブラジル（サンパウロ地域）
調査時期	1976. 1～1985. 12
試料水・件数	9カ所の浄水場の浄水：975検体
検出病原体及び検出状況	エンテロウイルス3/975（ポリオウイルス2型1/975、コクサッキーウイルス A 群16型1/975、不明1/975）
検体処理（濃縮）	試料水400Lを濃縮（Standard Methods (APHA, 1975, 1980, 1985) の吸着-誘出と Katzenelson ら（1975）の報告した方法で再濃縮
検出方法	細胞培養法：BS-C-1、LLC-MK2、HEp2、RD 細胞
対応・対策等	
その他重要事項	ウイルスが検出された一つの浄水場はヒトと動物の排水で高度に汚染された河川水が水源。もう一つの浄水場は家庭と工場で中程度に汚染された河川水を水源としていた 残留塩素1.5または1.6 mg/L・濁度・pH・色度・アルミニウム濃度が全て許容範囲内である試料からウイルスを検出、糞便性大腸菌群、サルモネラ属菌は不検出
備考	浄水処理工程は基本的に凝集（硫酸アルミニウムの添加）・沈澱・濾過・塩素消毒からなる

表25

分類	飲料水からのウイルス検出事例
文献名	WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY, 18(10), 109-114, 1986.
原文タイトル	Occurrence of enteroviruses and rotaviruses in drinking water in Columbia
著者	G. A. Tranzos, H. Hassen and C. P. Gerba
和文タイトル	コロンビアの飲料水からのエンテロウイルスとロタウイルスの検出
キーワード	飲料水、腸管系ウイルス、エンテロウイルス、ロタウイルス、浄水処理
調査国（地域）	コロンビア（メデリン市・カルタヘナ市・サンタマルタ市・ボゴタ市・バランキア市）
調査時期	1983年と1984年の2回
試料水・件数	飲料水 7浄水場の出口で採水；7件、 個人住宅やホテルの給水栓・地域の供用栓で採水；14件
検出病原体及び検出状況	エンテロウイルス 1/7；7浄水場の出口） 1/14；個人住宅・ホテル・地域の供用栓14ヶ所で採水 ロタウイルス 2/7；7浄水場の出口 3/11；個人住宅・ホテル・地域の供用栓11ヶ所で採水
検体処理（濃縮）	試料20～99 L から2 mL に濃縮（陽電荷50 S Zeta-plus フィルター法または1MDS Virozorb フィルター法）
検出方法	エンテロウイルス：BGM 細胞培養 ロタウイルス：MA-104細胞培養、間接免疫蛍光抗体法
対応・対策等	処理された飲料水の微生物学的汚染を減らすためには、浄水処理の向上だけに努めるのではなく、むしろ配水施設での汚染を減らすことに力を注ぐべきと、提言。
その他重要事項	
備考	浄水処理は凝集沈澱、濾過、塩素消毒（1浄水場のみ砂濾過を行っていない）

表26

分類	飲料水からのウイルス検出事例
文献名	水中ウイルス 第12回国際水質汚濁研究会議セミナー報告論文集 WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY, 17(10), 1984.
原文タイトル	DETECTION OF ROTAVIRUS IN TREATED DRINKING WATER
著者	B. H. Keswick, C. P. Gerba, J. B. Rose and G. A. Toranzos
和文タイトル	飲料水からのロタウイルス検出
キーワード	ロタウイルス、浄水処理、塩素消毒、大腸菌群、糞便性連鎖球菌、飲料水
調査国（地域）	メキシコ
調査時期	1979年～1984年の2年間
試料水・件数	原水、沈殿処理水、ろ過水、浄水：合計113検体
検出病原体及び検出状況	ロタウイルス（D：乾期 R：雨期） 原水 D 9/19 R 1/2 沈殿処理水 D 5/14 R 2/2 ろ過水 D 3/8 R 5/5 浄水 D 7/54 R 9/9
検体処理（濃縮）	ゼータプラスフィルター法：試料水9.8～756 Lを約36 mLに濃縮
検出方法	細胞培養 ロタウイルス：MA-104細胞 エンテロウイルス属：BGM細胞
対応・対策等	記載なし
その他重要事項	糞便性連鎖球菌がウイルス汚染の指標となる可能性を言及
備考	本論文は参考文献にある論文の一部（ロタウイルスについて）をまとめたものと思われる。

表27

分類	飲料水からのウイルス検出事例
文献名	水中ウイルス第12回国際水質汚濁研究会議セミナー報告論文集 WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY, 17(10), 1984.
原文タイトル	ANALYSIS OF TAP WATER FOR VIRUSES : RESULTS OF A SURVEY
著者	Naomi Guttman-Bass and B. Fattal
和文タイトル	飲料水中のウイルス調査
キーワード	給水栓水、ウイルス分離
調査国（地域）	イスラエル
調査時期	1980年～1981年
試料水・件数	水道水（共同炊事施設の台所の給水栓）：111試料
検出病原体及び検出状況	ブラック法で検出されるエンテロウイルス属（未同定） 111検体中3試料（5 pfu）
検体処理（濃縮）	試料水100 Lを12.5 mL又は300 Lを50 mLに濃縮 チューブフィルター使用
検出方法	細胞培養法：BGM細胞
対応・対策等	記載なし
その他重要事項	細菌試験を平行して行っていないが、ウイルスが検出された地点の細菌学的水質は上位（良い）にランクされている
備考	

表28

分類	飲料水からのウイルス検出事例
文献名	水中ウイルス第12回国際水質汚濁研究会議セミナー報告論文集 WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY, 17(10), 1984.
原文タイトル	DETECTION AND HEALTH RISK ASSOCIATED WITH LOW VIRUS CONCENTRATION IN DRINKING WATER
著者	P. Payment and M. Trudel
和文タイトル	飲料水中の低濃度ウイルスの検出とその健康影響
キーワード	飲料水、ヒト腸管系ウイルス、浄水処理、ウイルス除去、健康影響
調査国（地域）	カナダ（モンリオール）
調査時期	1981年～1984年の間の1年間
試料水・件数	7箇所の浄水場から隔月で試料採取： 原水153検体、 塩素処理水17検体、 凝集沈殿処理水119検体、 砂ろ過水45検体、 オゾン処理水45検体、 浄水138検体
検出病原体及び検出 状況	細胞変性を起こすウイルス 検出率： 原水79%、 塩素処理水65%、 凝集沈殿処理水19%、 砂ろ過水14%、 オゾン処理水9%、 浄水9%
検体処理（濃縮）	陰電荷フィルター法（試料水量は不明、最終濃縮量10mL）
検出方法	細胞培養法：Vero 細胞、BGM 細胞
対応・対策等	記載なし
その他重要事項	リスク評価を行っている 水処理でのウイルス除去の限界を指摘
備 考	

表29

分類	飲料水からのウイルス検出事例
文献名	水中ウイルス第12回国際水質汚濁研究会議セミナー報告論文集 WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY, 17(10), 1984.
原文タイトル	VIRUSES AND BACTERIA IN A CHALK WELL
著者	J. S. Slade
和文タイトル	チョーク層井戸におけるウイルスと細菌汚染実態
キーワード	エンテロウイルス、飲料水、井戸、チョーク層、消毒、塩素、接触時間、指標、細菌
調査国（地域）	イギリス（ロンドン）
調査時期	1982年3月～1984年7月
試料水・件数	原水：15検体 飲料水（処理水）：36検体
検出病原体及び検出状況	原水：ポリオ13/18 コクサッキー1/15 飲料水（処理水）：ポリオ13/33 コクサッキー2/36
検体処理（濃縮）	ゼータプラスフィルター法：1000 L 以上ないしそれ以下を5～10 mL に濃縮
検出方法	細胞培養法：BGM 細胞 定量試験：ブラック法と TCID 法
対応・対策等	なし
その他重要事項	塩素による消毒試験を行っている
備考	

表30

分類	飲料水からのウイルス検出事例
文献名	Viruses and Disinfection of Water and Wastwater., Proceedings of the International Symposium held at the University of Surrey, Guildford, England, 1982
原文タイトル	Viruses in Fresh and Saline Waters
著者	J. M. Tyler
和文タイトル	浄水及び下水中のウイルス調査
キーワード	ポリオウイルス、コクサッキーウイルス、エコーウイルス、浄水、配水、塩素消毒
調査国（地域）	イギリス（ウエールズ）
調査時期	1979年2月～1982年8月
試料水・件数	浄水及び下水：553検体
検出病原体及び検出状況	腸管系ウイルス検出：90/553検体（うち1/3は下水試料） ポリオウイルス1, 2, 3型、 コクサッキーウイルス B3, B5型、 エコーウイルス7, 11, 22型
検体処理（濃縮）	不明、試料水20 L
検出方法	不明（細胞培養と思われる）
対応・対策等	特になし
その他重要事項	①コクサッキーウイルスの感染ピークと、浄水及び下水からのウイルス分離ピークが一致（1980, 1981年晩夏）。 ②塩素接触槽のない浄水場浄水で、大腸菌群・大腸菌は不検出にもかかわらずウイルスが検出された。 ③完全な浄水処理により指標細菌を全く含まない浄水からウイルスが検出された。通常は遊離残留塩素が0.3 mg/L 以上保持されているが、サンプリングの数時間前に残留塩素が痕跡程度まで低下していたことがわかった。 ④飲料水中にエンテロウイルスが混入・残留しないようにするためには適切な消毒が必須である。
備 考	

表31

分類	飲料水からのウイルス検出事例
文献名	Viruses and Disinfection of Water and Wastwater., Proceedings of the International Symposium held at the University of Surrey, Guildford, England, 1982
原文タイトル	A Virological Study of the Health Hazards Associated with the Indirect Reuse of Water
著者	R. Walter, H-J. Dobberkau and J. Durkop
和文タイトル	間接的な再利用水が健康に及ぼす影響に関するウイルス学的研究
キーワード	エンテロウイルス、アデノウイルス、飲用井戸
調査国（地域）	旧東ドイツ南部
調査時期	1981年11月～1982年2月
試料水・件数	河川近くの飲用井戸浄水：4検体
検出病原体及び検出状況	1/4検体でウイルス陽性（エンテロウイルス、アデノウイルス）
検体処理（濃縮）	遠心分離法：試料水10 Lを10 mLに濃縮
検出方法	細胞培養法
対応・対策等	特になし
その他重要事項	調査期間中に河川の氾濫が起こり、飲用井戸の消毒設備を塩素ガスから二酸化塩素へ変更している最中であつたことから、この井戸水が供給されている住民にロタウイルスによる集団感染が発生したと推測している。
備 考	

4. 飲料水の原水からのウイルス分離・検出事例（表32～表47）

飲料水の原水となる河川水等からのウイルス分離・検出事例は、比較的多く報告されている。代表的な報告事例をまとめた。

表 32

分類	飲料水原水からのウイルス検出事例
文献名	APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY, 71(5), 2403-2411 , 2005.
原文タイトル	Application of cation-coated filter method to detection of noroviruses, enteroviruses, adenoviruses, and torque teno viruses in Tamagawa River in Japan
著者	Eiji HARAMOTO, Hiroyuki KATAYAMA, Kumiko OGUMA and Shinichiro OHGAKI
和文タイトル	日本の多摩川におけるウイルス調査
キーワード	ノロウイルス、腸管系ウイルス、河川水、濃縮法
調査国（地域）	日本（東京）
調査時期	2003-2004 年
試料水・件数	
検出病原体及び検出状況	多摩川の 6 地点において毎月試料を採取しており（ただし、上流 2 地点は年 4 回）、ノロウイルス、エンテロウイルス、アデノウイルス、TT ウイルスを測定している。ノロウイルスについては夏に少なく冬に多いという季節変動が見られた。
検体処理（濃縮）	陽イオン添加型陰電荷膜酸洗浄法。 500 ml の河川水に対し、陽イオン添加型陰電荷膜酸洗浄法を用いて濃縮。ミリポア HA 膜に、アルミニウムイオンを吸着させ（前処理）、水道蛇口に直結してろ過し、pH3 の硫酸溶液 200 ml で膜を洗浄した後 pH10.5 の水酸化ナトリウム溶液 10 ml でウイルスを誘出し、中和した後、Cetriprep YM50 を用いて 0.7 ml に濃縮した。
検出方法	濃縮液から RNA 抽出を行い、ノロウイルス G1,G2、エンテロウイルスの検出試験（逆転写 TaqManPCR 法）に供した。また、DNA 抽出を行って、TaqManPCR 法による TT ウイルスおよびアデノウイルスの検出をおこなった。
対応・対策等	
その他重要事項	
備考	

表33

分類	飲料水原水からのウイルス検出事例
文献名	Wat. Sci. Tech., 50(1), 39-43, 2004. Health-related Water Microbiology 2003.
原文タイトル	Prevalence of human adenoviruses in raw and treated water
著者	J. van Heerden, M. M. Ehlers, W. B. vanZyl and W. O. K. Grabow
和文タイトル	水道原水および浄水におけるヒトアデノウイルスの検出状況
キーワード	ヒトアデノウイルス、分子生物技術、原水、浄水
調査国（地域）	南アフリカ
調査時期	2001年7月～2002年6月の毎週
試料水・件数	河川水及びダム水:100検体
検出病原体及び検出状況	アデノウイルス： 河川水の44%（22/50）、 ダム水の16%（8/50）
検体処理（濃縮）	ガラスウールフィルター法：河川水、ダム水25 Lを100 mLに ポリエチレングリコール法：二次濃縮し沈殿物をPBS 20 mLに再懸濁。
検出方法	アデノウイルス： 細胞培養後PCR法と二段階PCR法
対応・対策等	安全な飲料水を生産するための国際基準（WHO, 1997）に適合した処理法の導入： 消石灰添加凝集、フロック形成、沈殿、炭酸ガス注入、ろ過、塩素処理。
その他重要事項	種々の浄水処理を経た後でも、アデノウイルスは依然として浄水中に検出される。
備考	他の腸管系ウイルスについて、同一の試料水を試験している（Grabow, W. O. K. (2002). RAND WATER:Virological Quality of Water, July 20 01 to June 2001. Department of Medical Virology, Faculty of Health Sciences, University of Pretoria, Pretoria, South Africa）。 本研究は、南アフリカの水道原水および浄水におけるアデノウイルスの検出法（an optimised integrated cell culture molecular-based technique）の有用性を評価するために行ったものである。

表34

分類	飲料水原水からのウイルス検出事例
文献名	Water Science and Technology, 43(12), 1-8, 2001.
原文タイトル	NEW METHOD FOR THE DETECTION OF VIRUSES: CALL FOR REVIEW OF DRINKING WATER QUARITY GUIDELINES
著者	W.O.K.Grabow, M.B.Taylor and J.C.de Villiers
和文タイトル	新しいウイルスの検出方法：飲料水ガイドラインの再検討
キーワード	ウイルス、飲料水、水質、ガイドライン、培養細胞、PCR
調査国（地域）	南アフリカ
調査時期	2年間
試料水・件数	河川及びダム由来の原水：224試料
検出病原体及び検出状況	ウイルス全体：73%、細胞変性ウイルス：6% (エンテロウイルス、アデノウイルス、HAVに加え、) アストロ、ロタ検出
検体処理（濃縮）	ガラスウールフィルター：100～1000 L
検出方法	培養細胞法：BGM、PLC/PRF/5、CaCo2、 RT-PCR 法：初代ベルベットモンキー細胞で2代継代後に実施
対応・対策等	
その他重要事項	
備 考	

表35

分類	飲料水原水からのウイルス検出事例
文献名	Water Science and Technology, 43(12), 39-48, 2001.
原文タイトル	A new analytical tool to assess health risks associated with the virological quality to drinking water (EMIRA study)
著者	L.Gofti-Laroche, B.Gratacap-Cavallier, O.Genoulaz, J.C.joret, Ph.Hartemann, J.M.seigneurin and D.Zmirou
和文タイトル	飲料水のウイルスに関する健康リスクを評価する新しい分析手法 (EMIRA 調査)
キーワード	飲料水、疫学調査、エンテロウイルス、ロタウイルス、アストロウイルス、RT-PCR
調査国 (地域)	フランス(アルプス地方; Isere 県、 Savoie 県)
調査時期	1998/10～1999/6
試料水・件数	以下の4つのグループからの原水24試料： ①生活圏でない環境にある汚染されていない地下水 ②生活圏でない集水域にあるが汚染の影響を受けやすい地下水 ③集水域の家畜とコミュニティーの排水の暴露から保護されておらず汚染の影響を受けやすい地下水 ④表流水（周囲に人間の生活圏がある湖）
検出病原体及び検出状況	ウイルス RNA 全体：9/24（原水） （内訳）エンテロ：10%、 ロタ：15%、 アストロ：12% グループ①：不検出、②：11%、③：37%、④：53%（原水+浄水）
検体処理（濃縮）	クロスフロー限外ろ過：4.5 L →15 mL、その後0.5-1 mL に濃縮
検出方法	PCR 法
対応・対策等	
その他重要事項	
備考	

表36

分類	飲料水原水からのウイルス検出事例
文献名	Water Sci. Technol., 27(3-4), 145-150, 1993.
原文タイトル	THE APPLICATION OF RISK ASSESSMENT TECHNIQUES TO MICROBIAL MONITORING DATA:ASOUTH AFRICAN PERSPECTIVE
著者	N. Rodda, A. Amory and R. Kfir
和文タイトル	微生物監視データへのリスク評価法の適用：南アフリカの場合
キーワード	健康リスク評価、微生物検査、腸管系ウイルス、エコーウイルス、ポリオウイルス、南アフリカ
調査国（地域）	南アフリカ
調査時期	1981年4月～1991年3月
試料水・件数	浄水場原水
検出病原体及び検出状況	エコーウイルス12型、ポリオウイルス1型、ポリオウイルス3型。
検体処理（濃縮）	試料水10 Lを限外ろ過法で濃縮。
検出方法	細胞培養法で定量：10 Lあたりの再確数(MPN)50%感染量(TCID ₅₀)で示した。
対応・対策等	健康リスク評価を実施。
その他重要事項	処理水（浄水）では不検出。
備考	リスク評価法手法についての論文であり、ウイルス検出状況については詳述されていない。

表37

分類	飲料水原水からのウイルス検出事例
文献名	Water Sci. Technol., 27(3-4), 299-320, 1993.
原文タイトル	GLASS WOOL FOR VIRUS CONCENTRATION AT AMBIENT WATER pH LEVEL
著者	PH. Vilaginès, B. Sarrette, G. Husson and R. Vilaginès
和文タイトル	環境水レベルの pH でのグラスウールによるウイルス濃縮
キーワード	連続制御、中性 pH、ウイルス濃縮、腸管系ウイルス、水
調査国（地域）	フランス（パリ）
調査時期	1988年1月～1991年8月
試料水・件数	パリの浄水場原水（セーヌ川、Marne 川）：88検体
検出病原体及び検出状況	セーヌ川： アデノウイルス12%、 エンテロウイルス83%、 レオウイルス5%、 Marne 川： アデノウイルス5.4%、 エンテロウイルス92.2%、 レオウイルス2.4%
検体処理（濃縮）	試料水30 L をグラスウールにより濃縮。
検出方法	ブラック法
対応・対策等	
その他重要事項	
備考	

表38

分類	飲料水原水からのウイルス検出事例
文献名	水中の健康関連微生物 1990 水中の健康関連微生物に関する IAWPRC 国際シンポジウム報告 200-203
原文タイトル	VIROLOGICAL INVESTIGATION OF THE RIVER ELBE
著者	M.Johl, M.L.Kerkman, U.Kramer and R.Walter
和文タイトル	エルベ川のウイルス学的調査
キーワード	ウイルス、水道原水、環境調査、エコーウイルス、コクサッキーウイルス、ポリオウイルス、ピコルナウイルス、アデノウイルス、パルボウイルス
調査国（地域）	オーストリア
調査時期	1987年3月～1989年1月
試料水・件数	河川水（エルベ川、111 km 区画から5地点を選定）：115検体（23ヶ月間×月1回×5地点）
検出病原体及び検出状況	①試料の90%がウイルス陽性、 濃度範囲は0.3～52.3 MPNCU/L で平均は7.5 MPNCU/L エコーウイルス（3, 7, 11, 30, 33）：97/115、 コクサッキーウイルス B1-5：78/115、 ポリオウイルス1-3：48/115、 ポリオ&エコーウイルス1/115 ピコルナウイルス：32/115、 アデノウイルス：15/115、 アデノ&ピコルナウイルス・パルボウイルス：6/115
検体処理（濃縮）	試料水10 L を2 mL に濃縮（硫酸アルミニウムフロック形成法を含む2段階濃縮法）
検出方法	細胞培養法
対応・対策等	
その他重要事項	
備考	

表39

分類	飲料水原水からのウイルス検出事例
文献名	水中の健康関連微生物 1988 第14回国際水質汚濁研究会議セミナー報告論文集 Water Science and Technology,21(3),1989.
原文タイトル	Comparison of Microbiological Data from Two Water Filtration Plants and Their Distribution System
著者	P.Payment, F.Gamache and G.Paquette
和文タイトル	二か所の浄水場とその配水系統中の微生物学的調査結果の比較
キーワード	
調査国（地域）	カナダ
調査時期	記載なし
試料水・件数	原水：1000 L、10-31検体の平均
検出病原体及び検出状況	同定はしていない Pont-Viau 浄水場からは 5.5 mpniu/L Repentigny 浄水場からは 31.8 mpniu/L
検体処理（濃縮）	記載なし
検出方法	記載なし
対応・対策等	
その他重要事項	
備考	数年前には浄水でも検出されたが、施設を建て直し、Pont-Viauでは二酸化塩素の使用により、Repentignyではフロック形成工程最適化により検出されなくなった

表40

分類	飲料水原水からのウイルス検出事例
文献名	WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY, 18(10), 107-108, 1986.
原文タイトル	Two years survey of indicator bacteria and enteroviruses during the preparation of drinking water from three water treatment plants in Paris suburbs
著者	J. C. Joret, T. Dupin, A. Hassen, F. Agbalika and P. Hartemann
和文タイトル	パリ郊外の3浄水場の浄水処理工程における指標細菌とエンテロウイルス類に関する2年間の調査結果
キーワード	
調査国（地域）	フランス（パリ郊外）
調査時期	2年間
試料水・件数	河川水
検出病原体及び検出状況	ほとんどの試料がコクサッキーウイルス B 群4型、コクサッキーウイルス B 群6型、エコーウイルス類を主体とするウイルス陽性であった。 平均ウイルス濃度は汚濁の低い原水で0 - 3.5PFU/L、 汚濁の高い原水で0.1 - 20PFU/L であった。
検体処理（濃縮）	試料水20 L を濃縮
検出方法	
対応・対策等	
その他重要事項	
備 考	

表41

分類	飲料水原水からのウイルス検出事例
文献名	水中ウイルス第12回国際水質汚濁研究会議セミナー報告論文集 WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY, 17(10), 1984.
原文タイトル	INTERACTIONS BETWEEN BIOTIC AND ABIOTIC FACTORS AND VIRUSES IN A WATER SYSTEM
著者	R. Walter, J. Dürkop, B. Friedman and H. J. Dubberkau
和文タイトル	河川における生物、非生物的要因とウイルスとの相互作用
キーワード	ウイルス、A型肝炎ウイルス、ロタウイルス、化学的汚染、生物学的汚染、因子分析、原水中のウイルス濃度の推定
調査国（地域）	ドイツ（旧東ドイツ）
調査時期	1981年～1983年
試料水・件数	河川水：62検体 （河川名は不明 河川長427 km の河口から33 km ～160 km で計16地点採水）
検出病原体及び検出状況	ウイルスとして51/61（82.3%） （内訳） ポリオ（1, 2, 3型）、 コクサッキー（B1, 2, 3, 4, 5型）、 エコー（2, 6, 11, 13, 25, 30型）、 アデノ（2, 5型）、 エンテロウイルス群等 ロタウイルス抗原9/46 HAV 抗原6/46
検体処理（濃縮）	10%硫酸アルミニウムによる凝集沈澱法：試料水10 L を10 mL に濃縮
検出方法	①細胞培養法：FL細胞（ポリオ、コクサッキー、エコー、アデノ等） ②ELISA法：ロタウイルス抗原、HAV抗原
対応・対策等	特に記載なし
その他重要事項	河川水のウイルス汚染源は、工場排水、家庭下水等の流入としている。 A型肝炎の疫学調査についても触れている（今回の調査地域は、東ドイツ全体での発生率より有意に高い）
備考	

表42

分類	飲料水原水からのウイルス検出事例
文献名	水中ウイルス第12回国際水質汚濁研究会議セミナー報告論文集 WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY, 17(10), 1984.
原文タイトル	STUDY OF INDIGENOOS VIRUS REMOVAL AT DIFFERENT STAGES IN A DRINKING WATER PLANT TREATING RIVER WATER
著者	F. Agbalika, P. Hartemann, J. C. Joret, A. Hassen and M. M. Bourbigot
和文タイトル	浄水処理工程における水中ウイルスの除去に関する研究
キーワード	水中ウイルスの除去、河川水、水道水、オゾン処理
調査国（地域）	フランス（OISE 川）
調査時期	1982年4月～10月
試料水・件数	河川水、貯留水、沈澱処理水、ろ過水、第2オゾン処理水、活性炭処理水、後オゾン処理水 後塩素処理水 それぞれ9検体
検出病原体及び検出状況	河川水：エンテロウイルス属 9/9 (10～146 PFU/1000 L) 貯留水：エンテロウイルス属 8/9 (7～100 PFU/1000 L) 沈澱処理水：エンテロウイルス属 7/9 (5～75 PFU/1000 L) ろ過水：エンテロウイルス属 5/9 (3～10 PFU/1000 L) 第2オゾン処理水、活性炭処理水、後オゾン処理水、後塩素処理水は不検出 検出されたエンテロウイルス属は、ポリオ・エコー・コクサッキー
検体処理（濃縮）	河川水、貯留水：30～100 L 沈澱処理水：40～100 L その他：550～1000 L ゼータプラス又はゼータマイナスフィルター法で濃縮
検出方法	細胞培養法：BGM 細胞
対応・対策等	特に記載なし
その他重要事項	ウイルス不活化に対するオゾン処理の有用性についても触れている
備考	

表43（表31と同文献）

分類	飲料水原水からのウイルス検出事例
文献名	Viruses and Disinfection of Water and Wastwater., Proceedings of the International Symposium held at the University of Surrey, Guildford, England, 1982
原文タイトル	A Virological Study of the Health Hazards Associated with the Indirect Reuse of Water
著者	R. Walter, H-J. Dobberkau and J. Durkop
和文タイトル	間接的な再利用水が健康に及ぼす影響に関するウイルス学的研究
キーワード	エンテロウイルス、アデノウイルス、飲用井戸
調査国（地域）	旧東ドイツ南部
調査時期	1981年11月～1982年2月
試料水・件数	河川近くの飲用井戸原水：9検体
検出病原体及び検出状況	2/9検体でウイルス陽性（エンテロウイルス、アデノウイルス）
検体処理（濃縮）	遠心分離法：試料水10 Lを10 mLに濃縮
検出方法	細胞培養法
対応・対策等	特になし
その他重要事項	調査期間中に河川の氾濫が起り、飲用井戸の消毒設備を塩素ガスから二酸化塩素へ変更している最中であったことから、この井戸水を供給されている住民にロタウイルスによる集団感染が発生した。
備考	飲料水からのウイルス検出状況は表31に記載

表44

分類	飲料水原水からのウイルス検出事例
文献名	Viruses and Disinfection of Water and Wastwater., Proceedings of the International Symposium held at the University of Surrey, Guildford, England, 1982
原文タイトル	Cytopathic Enteric Viruses in Wastwater Effluents and Surface Waters
著者	R. Morris and D. N. Sharp
和文タイトル	排水及び表流水からの細胞変性腸管系ウイルスの検出
キーワード	エコーウイルス、ポリオウイルス、コクサッキーウイルス、表流水、水道原水
調査国（地域）	イギリス
調査時期	1979年1月～1981年7月
試料水・件数	表流水23地点：533検体 うち16地点：287検体は水道原水取水口
検出病原体及び検出状況	細胞変性腸管系ウイルス： 前貯留なしで取水：133/252（最大74 pfu/L） 前貯留あり取水：29/154 排水・表流水914検体から分離した1,283株を同定 エコーウイルス13, 17, 32型、ポリオウイルス1, 2, 3型、コクサッキーウイルス B1, B2, B3, B4, B5型
検体処理（濃縮）	試料水20 Lを Morris, Waite らの方法で濃縮
検出方法	BGM 細胞により細胞変性効果の見られたものを、抗血清により血清型を同定
対応・対策等	特になし
その他重要事項	
備考	

表45（表30と同文献）

分類	飲料水原水からのウイルス検出事例
文献名	Viruses and Disinfection of Water and Wastwater., Proceedings of the International Symposium held at the University of Surrey, Guildford, England, 1982
原文タイトル	Viruses in Fresh and Saline Waters
著者	J. M. Tyler
和文タイトル	淡水及び塩水中のウイルス
キーワード	腸管系ウイルス、水道原水
調査国（地域）	イギリス（ウエールズ）
調査時期	1979年2月～1982年8月
試料水・件数	原水：615検体
検出病原体及び検出状況	腸管系ウイルス検出：158/615検体 ウイルスの種類は不明
検体処理（濃縮）	不明
検出方法	不明（細胞培養と思われる）
対応・対策等	特になし
その他重要事項	原水と同時に浄水も調査
備考	飲料水からのウイルス検出状況は表30に記載

表46

分類	飲料水原水からのウイルス検出事例
文献名	Env.Sci.Tec. , 14(11), 1290-1297, 1980
原文タイトル	Viruses in Groundwater
著者	B. H. Keswick <i>et al.</i>
和文タイトル	地下水のウイルス
キーワード	
調査国（地域）	米国(フロリダ、ミシガン)、ドイツ、インド、イスラエル、イギリス、ガーナ、メキシコ
調査時期	
試料水・件数	
検出病原体及び検出状況	下欄にまとめた
検体処理（濃縮）	下欄にまとめた
検出方法	
応・対策等	
その他重要事項	
備考	(地下水中のウイルスに関する文献の総説である)

調査地域	検出病原体	濃縮法
米国フロリダ	エコー22/23	メンブラン吸着
ドイツ	エコー3, 6, 30 コクサッキーB6, 4, 5, 不明	硫酸アルミニウム
インド	不明	酸化鉄
米国ミシガン	ポリオ2	PE60/遠心分離
イスラエル	エコー6, 7 コクサッキーB6 ポリオ1, 不明	メンブラン
イギリス	ポリオ2	酸化アルミニウム/メンブラン
イスラエル	ポリオ1, 不明	有機凝集
ガーナ	ポリオ1 コクサッキーB3	遠心分離
メキシコ	ロタ コクサッキーB4, 6	メンブラン

表47

分類	飲料水原水からのウイルス検出事例
文献名	JAWWA, 65(3), 200-202, 1973.
原文タイトル	Viruses in Metropolitan Waters : Concentration by Polyelectrolytes, Freeze Concentration and Ultrafiltration
著者	S.H.Rubenstein, <i>et al.</i>
和文タイトル	都市水域におけるウイルス：高分子電解質による濃縮及び凍結濃縮と限外ろ過
キーワード	
調査国（地域）	米国（リトルカルメット川、シカゴ川、ミシガン湖）
調査時期	1970.12～1971.8
試料水・件数	シカゴ川の4月の検体にのみ検出
検出病原体及び検出状況	エコーウイルスのみ
検体処理（濃縮）	1)凍結濃縮－限外ろ過 2)高分子電解質（無水イソブチレマレイン）
検出方法	培養細胞法 1) BS-C-1細胞とHEP-2細胞 2) RMK細胞とVero細胞
対応・対策等	
その他重要事項	1) ミシガン湖でウイルスが検出されなかったのは、湖に生下水や下水処理水が流入していないためと考察。 2) シカゴ川でウイルスが検出されたのは、水質が悪化しているためと考察。
備 考	

D. 結論

腸管系ウイルスによる過去の水系感染事例に関する情報整理を行い以下の情報を得た。

1. 感染源と考えられた飲料水及び患者の両者からウイルスが検出された事例

飲料水に混入したウイルスが原因と推測される水系感染症の流行があり、患者及び飲料水の両者から原因ウイルスが分離又は検出された事例は、非常に少ないことがわかった。

1980年以降に報告された9事例についてまとめた結果、ウイルスの水系感染が確認された飲料水は、大規模水道が関与したものではなく、井戸水などを原水とした小規模水道がほとんどであった。また、事故発生の経緯をみると、浄水処理過程のうち、特に、消毒工程の不備・不具合によるものがほとんどであった。

したがって、適切な管理が行われている水道施設であれば、ウイルスの水系感染は起こり難いと考えられる。しかし、発生した場合は、飲料水が原因であると確定するまでに時間を要し、結果として大規模な感染症の流行につながる恐れがあるため迅速な対応が望まれる。

2. 疫学解析の結果から水系感染と断定した事例

地域単位で感染症の発生動向調査等が行われているとき、あるいは、感染源の特定はできないが感染症の流行が確認された場合などは、最終的に水系感染が疑われることがある。このような場合は、患者発生の疫学調査等から最終的に飲料水を介したウイルスの水系感染であると推測されることがある。

1980年以降報告された諸外国における9事例についてその概要をまとめると、感染源と推定された水道施設に何らかの問題があることが分かっている。その問題点の多くは、浄水処理過程における消毒工程のトラブルである。また、河川等の原水が洪水等によって激しく汚染された場合や、原水となっている井戸水が下水汚染された場合などもトラブルもある。

いずれにしても、塩素処理などによる消毒工程が重要なカギとなっていると考えられる。

3. 飲料水からのウイルス検出事例

疫学的に確認された水系感染症は発生していないが、飲料水からウイルスが分離・検出された事例をまとめた。1980年以降報告された13事例をみると、試料水は数リットルから数千リットルもの大量を用いて行われている。検査方法は、細胞培養法によるウイルス分離とPCR法などによる遺伝子検出が主流である。ウイルス分離・検出率は、数%レベルから100%までさまざまである。結果の解釈は、前述のごとく、培養法によって分離されたウイルスは感染性を有したウイルスであるため、ウイルスの水系感染につながる可能性が示唆されるが、遺伝子検出のみでは水系感染の可能性を結論付けることはできない。

いずれにしても、外見上問題がないような飲料水にもウイルスが混入している可能性は否定できないので不断の浄水処理工程の監視が重要である。

4. 飲料水の原水からのウイルス分離・検出事例

飲料水の原水となっている河川水等からのウイルス分離・検出に関する調査事例は多数ある。いずれの報告事例でもウイルスの分離・検出率は概して高率であり、分離・検出されるウイルスの種類も多い。したがって、浄水処理にあたっては、原水にはウイルスが混入しているという前提をもつべきであると考えられる。

分担研究報告書 4

水道水のウイルス汚染の健康影響評価に関する検討

分担研究者 遠藤卓郎、片山浩之
研究協力者 泉山信司

分担研究報告書

「水道水のウイルス汚染の健康影響評価に関する検討」

分担研究者 遠藤卓郎 国立感染症研究所
片山浩之 東京大学大学院
協力研究者 泉山信司 国立感染症研究所

要旨

水道水の健康被害は病原微生物によるものと化学物質によるものとに大別されるが、その対応には違いが見られる。「病原体の混入」はあってはならないものとされ、化学物質は「最小限の健康影響」が目標となっている。ウイルスに限らず、水道水に係る微生物問題は人口の集中（都市化）と、それに伴って加速する水の再利用に原因しているといつて過言でない。今後とも水の反復利用が加速すれば、ウイルスをはじめとする病原微生物が不活化される以前に飲料水に混入する事態に陥るであろうし、その他にも抗生物質などの蓄積と薬剤耐性菌問題、温暖化による水温の上昇など多くの健康リスクが増大することが懸念される。

健康影響評価の必要性

近年、ノロウイルスによる感染症の問題が顕在化しており、遠からず水道事業体においても対応が求められる状況となっている。これまで、わが国の水道における病原微生物問題はいわゆる「ゼロリスク」の概念が暗黙の了解事項として通用してきた。その背景には細菌学的な汚染に対してきわめて有効な塩素消毒の存在があったからだといえる。しかしながら、クリプトスポリジウムなど耐塩素性を示す病原微生物の出現から従来の「ゼロリスク」はすでに破綻しており、新たなコンセプトが必要である。これまで、水道水の病原微生物汚染はあってはならないとされてきたが、同じ水道水でありながら化学物質の分野ではすでに健康リスクの概念を導入して「最小限」に抑えることを目標に運転管理されている。

ウイルスに関するリスクに関してはこれまでも多くの研究が紹介されているが、実験的な実証（例えば人への感染実験）が不可能であること、解析に必要なデータは多岐に渡り、異分野の専門家による共同作業が不可欠であること、そのために系統的に集められた情報は限られていることなど、今後の発展に期待する分野である。また、一般に病原体に係る用量 - 作用の実験は水道水中の微生物量に比べはるかに多量の病原体を用いて行われることから、得られた結果（回帰線）を基にしてきわめて希薄な病原体によってもたらされる出来事を論じるのは慎重にならざるを得ない¹⁾。また、技術的には、きわめて多量の試料水を処理しないとウイルスを分離することができないことから検査法として現実性に乏しい面もある。このような事情を反映してか、水道水からウ

ウイルスが検出されたにもかかわらず、その水道水の利用者集団に健康被害が見あたらないような事例も報告されている²⁾。この場合、検出結果が偽陽性であった、感染力を持たないウイルスであった、あるいは感染に必要な量よりも少ないウイルス量であったなどの説明が考えられ、上記の事象を正当に評価するのは容易でない。リスク分析の考えにはこれ以外にも問題があるかもしれない。しかしながら、安全性の評価、あるいは以下のような対処の大筋を決める上でまぎれもなく重要な考え方である。

1. 患者検出に向けた積極疫学と患者救済への貢献
2. 施設の改善や浄水技術の向上の効果判定とそれらへの活用
3. 微生物学的な基準値や許容範囲の根拠
4. 最も効率的な（費用対効果の高い）対策の立案に寄与
5. 微生物対策と化学物質汚染とはいわば trade-off（二律背反）の関係にあるが、両立に向けた最適化に寄与
6. 飲料水による健康影響に関する概念的枠組みの構築

最小限のリスクとは集団(国や地域)における「許容患者発生率(数) (Tolerable Disease Burden)」と言い換えることができる。集団として水道水を介した感染症の発生を何処まで許容するかということである。しかし、集団にとって「最小限」であっても罹患した当人にとっては「100% (最大)の被害」である。いかなる強弁をもってしてもこの溝を埋めることはできない。許容患者発生率は絶対値で示されるものではなく、妥協すれば「最小限のリスク」はどこまでも大きな値となる危険性をはらんでいる。リスクを小さくする要素は本質的には浄水/科学技術であるが、現実の社会ではしばしば経済的な要因により規定される。リスクの概念は「ゼロ」でないリスクを共有するためのコンセンサス作りの手段として開発されたものと考えている。その意味で、情報の開示は必須の要件で、以下の諸点に配慮して情報が開示されなければならない。

- 消費者側にリスクの選択の可能性があるか
- リスク配分、利益の配分は公平であるか
- 起こり得る被害に対して、個人により特別な恐怖心を持つことはないか
- リスクの内容がどの程度周知されているか

ノロウイルスのリスク評価

近年、真砂ら³⁾によって、水道水中のノロウイルスの濃度分布⁴⁾を用いて健康被害の定量評価が行われた。それによると、わが国におけるノロウイルスに関する感染確率の95%値は米国環境省 (US EPA) が提唱する許容値 10^{-4} [infection/person/year]を上回るとされた。一方、これをWHO が提唱する許容値 10^{-6} [DALY/person/year]⁵⁾と比較して、ID₅₀=10 (飲んだ人の50%が感染するウイルス粒子数のこと)と仮定した場合にわずかながら上回るが、ID₅₀=100 の場合は許容範囲内と計算されたとしている。ちなみに、米国EPA の許容値は感染を問題としているのに対し、WHOの提唱する

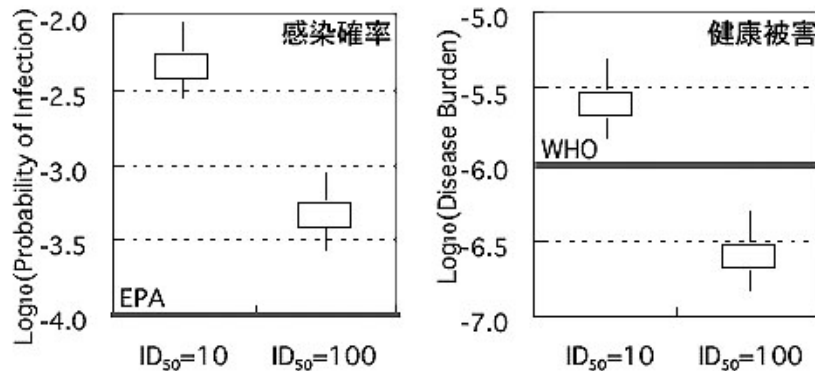


図1 水道水中のノロウイルスによる感染症リスク
 (棒の上下は95%値と5%値、箱の上下は75%値と25%値、
 横線はそれぞれEPAとWHOの提唱する許容値を示す)

(文献3より転載)

DALYsの概念には症状の重篤度が考慮されているためこのような解釈の違いが出てきたと説明されている。このリスク評価では定性的なノロウイルス測定結果¹⁾が用いられていること、水道水から分離されるノロウイルス粒子による真のID50は不明であること、など不確定要素が多く含まれている。これらの不確定要素に留意しつつ、このような研究結果を参考にして、わが国の水道におけるウイルス感染のリスクにつき検討する必要がある。その一方で、PCR法を用いればわが国の水道水からノロウイルスに限らず、腸管由来のウイルス遺伝子が検出される状況も事実として受け止めなければならないものとする。

ウイルスに限らず、水道水に係る微生物問題は人口の集中(都市化)と、それに伴って加速する水の再利用に原因しているといつて過言でない。今後、水の反復利用がさらに加速すれば、ウイルスをはじめとする病原微生物が不活化される以前に飲料水に混入する事態に陥るであろうし、その他にも抗生物質などの蓄積と薬剤耐性菌問題、温暖化による水温の上昇など多くの健康リスクが増大することが懸念される。

参考文献

1. Holcomb DL, Smith MA, Ware MA, Hung YC, Brackett RE and van Doyle MP. 1999. Comparison of six dose-response models for use with food-borne pathogens. Risk Analysis. 19: 1091-1100.
2. Bouchier I. 1998. Cryptosporidium in Water Supplies. Third Report of the Group of Experts to Department of Environment, Transport and the Regions and Department of Health. November, 1998. Drinking Water Inspectorate, London. <http://www.dwi.detr.gov.uk/pubs/bouchier/index.htm>
3. 真砂佳史、渡部徹、片山浩之、大垣眞一郎、大村 達夫 . 2006 . 第40回日本水環

境学会年会講演集

4. Haramoto E, Katayama H and Ohgaki S. 2004. Detection of Noroviruses in Tap Water in Japan by Means of a New Method for Concentrating Enteric Viruses in Large Volumes of Freshwater. *Appl. Env. Microbiol.*, 70(4), 2154-2160.
5. WHO (2004). Guidelines for Drinking-Water Quality, 3rd edition. Vol. 1: Recommendations.

分担研究報告書 5

浄水処理によるウイルスの除去・不活化に関する検討

分担研究者 片山浩之

分担研究報告書

「浄水処理によるウイルスの除去・不活化に関する検討」

主任研究者 国包章一 国立保健医療科学院水道工学部

分担研究者 片山浩之 東京大学大学院工学系研究科

要旨

文献調査から浄水工程におけるウイルスの除去能および不活化について調べた。ウイルスは結合塩素に耐性があるが、凝集沈殿・砂ろ過や塩素消毒などの通常処理によってもウイルス濃度は低減する。膜ろ過やオゾン、紫外線などによってもウイルスを除去・不活化することが可能である。

A. 研究目的

上水道では、1)ろ過などによって微小固体成分を除去し、2)塩素消毒によって微生物を不活化して、3)大腸菌群(現在、わが国では大腸菌)の不在を証明する、というシステムによって水系感染症を抑制してきた。この近代水道システムは、コレラを代表とする水系感染性の病原細菌に対しては非常に有効である。たとえば食中毒事例として世間を騒がせた病原大腸菌 O157 についても、日本では水道水の汚染事故は報告されていないことから、このシステムは健在であることがうかがえる。

本研究では、新たな脅威となりつつあるヒト腸管系ウイルスに焦点を当て、浄水工程におけるウイルスの挙動について調べることを目的とした。

B. 研究方法

国内外の水中ウイルスに関する文献調査を行った。

C. 研究と考察

1) 浄水工程におけるウイルス除去

(ア) 凝集沈殿・急速砂ろ過

ウイルス粒子は、通常の浄水工程においても除去される。ただし、他の汚染物質とは異なり、病原微生物については 99%の除去でも不十分とされる場合があることと、常に安定した除去が求められることに注意しておく必要がある。

ウイルスは他のコロイド粒子と同様、中性域の水中では負に帯電していることが多い。浄水の凝集沈殿においては、多価の陽イオンを含む薬剤を用いて凝集を促進するため、このような負に帯電した粒子を中和して静電的斥力を弱めてフロックの形成を行うため、水中ウイルスについても効率よく除去されていると考えられる。

リスク管理の観点からは、除去率の大きさもさることながら除去の安定性が重要であり (Masago et al., 2002, Teunis et al., 1997) 凝集沈殿急速砂ろ過処理が安定的に行われていることを確認することが重要であると考えられる。そのため、濁度の連続監視などにより、常に一定以上の除去が達成されるような運転管理が望まれる。

(イ) 膜処理

膜処理によってもウイルスは除去される。膜による水処理においては、膜の孔径と粒子の大きさによるふるい作用と、膜の電荷と粒子の電荷の関係で除去される。ウイルスの除去においては、主に膜孔径がウイルスよりも小さな限外ろ過膜 (UF) を用いて除去することが可能であるとされている。しかし、膜孔径がウイルスよりも小さい場合でも、ウイルスを完全に除去することは困難であることが実験的に知られている。限外ろ過 (Urase et al., 1993) ナノろ過 (Urase et al., 1996) においても、ほとんどのウイルスは除去されるものの、ごくわずかながら膜を透過するウイルスが存在する (残存率として 10^{-5} から 10^{-6}) という報告がある。また、ウイルス粒子よりも大きな孔径をもつ精密ろ過膜 (MF) を用いる場合でも、水処理を継続する過程で膜面上に形成されるケーキ層によってウイルスが除去されることが知られている (Otaki et al., 1998)。膜処理の利点は、ウイルス除去率の高さではなく、安定した除去が達成しやすいことにあると考えられる。また、後段において消毒を行う場合、膜処理によって得られた水に対しては一定の消毒効果が安定的に達成されると期待される。このことは、微生物学的安全性を確保するために重要な利点であると考えられる。

2) 浄水工程におけるウイルス不活化

(ア) 塩素消毒

塩素消毒に対しては、腸管系ウイルスは大腸菌に比べて抵抗性があり、原虫類ほど強くはない (Sobsey 1989)。ポリオウイルスは凝集しやすい性質を持っているため、消毒剤が効きにくい可能性がある (Young et al., 1977)。クロラミンはウイルスに対してはあまり効果的な消毒剤ではなく、 2mg/L では 3 時間程度の接触時間では 90% の不活化にとどまることが報告されている (Shin et al., 1998)。

残留塩素の微生物抑制効果について、水道配水管に存在する残留塩素により大腸菌は速やかに不活化するものの、ウイルスにはあまり効果がないという実験結果が報告されている (Payment 1999)。

ノロウイルスについては、培養法が存在しないために消毒効果を推定することが困難である。また、ノロウイルスを 25°C において遊離残留塩素 $0.5 - 1.0\text{mg/L}$ (注入率として $3.75 - 6.25 \text{mg/L}$) で 30 分接触させた場合に、ポランティアへの感染力が低下しなかったという報告がある (Keswick et al., 1985)。ただし、この研究ではウイルスの精製が不十分であった可能性があり、水道水のような清澄な水における不活化に直接この研究結果を適用するのは適切とは考えにくい。結局、塩素耐性については不明なところが多い。

(イ) 紫外線消毒

紫外線による不活化において、ほとんどの場合ウイルスは一次反動的に減少することが知られている (Battigelli et al., 1993)。

同じ線量率、すなわち単位面積あたりに紫外線が当たる量が同じである場合、微生物の大きさが小さければそれだけ紫外線が当たる量は小さくなる。そのため、非常に小さいという特徴を持つウイルスは、紫外線による損傷を比較的受けにくいと考えられる。事実、リスク評価の観点から紫外線の照射線量を規格化する欧米における試みの中で、ウイルス学的安全性を確保するために照射量が大きく設定されている。紫外線消毒の施設基準などを検討する場合には、ウイルスの消毒をどの程度まで保障する必要があるのかを決めれば必要な線量が決定し、細菌や原虫の不活化は十分に達成されるものと予想される。たとえば、アメリカ合衆国の紫外線のガイドライン値の決定において、A 型肝炎ウイルスの不活化率が参照されている (USEPA, 1989)。 $2\log(99\%)$ 不活化のために 21mJ/cm^2 、 $3\log$ 不活化のために 36mJ/cm^2 を必要としている。

最近になって、二本鎖 DNA を遺伝子としてもつアデノウイルスが紫外線に対して最も抵抗力があることが分かってきた (Meng et al., 1996)。 $4\log$ 不活化するためには、アデノウイルス 41 型は 111.8mJ/cm^2 、同 40 型は 124mJ/cm^2 の線量が必要であるとしている。 $3\log$ の不活化を達成するために必要な照射線量は、エコーウ

イルス 1 型、同 11 型、コクサッキーウイルス B3 型、同 B5 型、およびポリオウイルス 1 型に対して、それぞれ 25、20.5、24.5、27、23mJ/cm²であったのに対し、アデノウイルス 2 型を 3log 不活化するためには 119 mJ/cm² を要したと報告している (Gerba C. et al., 2002)。さらに、アデノウイルス 40 型を 4log 不活化するためには 226mJ/cm² が必要であるとしている (Thurstion-Enriquez et al., 2003)。なお、二本鎖 DNA を遺伝子としてもつ PRD-1 ファージは RNA 一本鎖ファージの MS2 よりも 不活化されやすく、遺伝子だけでは不活化速度が決定されない (Meng et al., 1996)。

Qβ をモデルウイルスとして、水中の平均紫外線照射線量を正確に測定できることが分かっており (Kamiko et al., 1989) 生物線量計として用いられている。また、工学的には、ファージではなく細菌の *Bacillus subtilis* をモデル微生物として用いる利点もある (Sommer et al. 1993)。微生物の取り扱いが容易であり、大量に用意できるため、大規模な処理施設に対する投入実験においても比較的高濃度で実験を開始できるため、照射線量の測定可能域が広いという利点を挙げている。

(ウ) オゾンによる不活化

オゾン消毒については、その反応機構が非常に複雑であるために、複数の研究の比較をするのが困難な状況である。オゾン処理においては、オゾンを含む溶液とウイルスを混合するやり方と、オゾン発生装置で生成されたオゾンを反応槽に吹き込む方法があり、それぞれ一長一短がある。ここで問題となるのは、Ct 値として正確に測定するのが難しいことである。

水質にもよるものの、2log 不活化に必要な Ct 値は 1min・mg/L 以下であり、オゾンはウイルス不活化に有効である (Sobsey 1989)。また、オゾン消費物質を極力なくして行った研究では、大腸菌ファージ Q を 2log 不活化するために必要な Ct 値は 0.0001min・mg/L であったとしている (関谷ら、1993)。

感染性試験、普通の PCR 法、および長鎖の増幅領域を対象とした PCR 法を用いてオゾンの消毒効果を調べた研究がある (Shin et al., 2003)。ここでは、感染性試験を適用できないノロウイルスに対する不活化効果について、他のウイルスの PCR 法の結果と感染試験の結果を比較することにより推定するアプローチを採用している。ノロウイルスがオゾンに強いという可能性は低いという結果が得られている。

D. 結論

ウイルス粒子は、通常の浄水工程においても除去されるが、濁度の連続監視などにより、常に一定以上の除去が達成されるような運転管理が望まれる。膜処理の利点は、ウイルス除去率の高さもさることながら、安定した除去が達成しやすいことにあると考えられる。

塩素消毒に対しては、腸管系ウイルスは大腸菌に比べて抵抗性があり、原虫類ほど強くはない。クロラミンはウイルスに対してはあまり効果的な消毒剤ではない。残留塩素の微生物抑制効果について、水道配水管に存在する残留塩素は大腸菌は速やかに不活化するものの、ウイルスにはあまり効果がないという実験結果が報告されている。紫外線による不活化において、ほとんどの場合ウイルスは一次反動的に減少することが知られている。また、アデノウイルスが紫外線に対して高い抵抗力があるという報告がある。オゾン消毒については、水質にもよるものの、2log 不活化に必要な Ct 値は 1min・mg/L 以下であり、オゾンはウイルス不活化に有効であると考えられる。

E. 参考文献

Shin GA, Sobsey MD (1998) Reduction of norwalk virus, poliovirus 1 and coliphage MS2 by

- monochloramine disinfection of water, *WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY* 38 (12): 151-154.
- Otaki M, Yano K, Ohgaki S (1998) Virus removal in a membrane separation process, *WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY* 37 (10): 107-116.
- Urase T, Yamamoto K, Ohgaki S 1996 Effect of pore structure of membranes and module configuration on virus retention *JOURNAL OF MEMBRANE SCIENCE* 115 (1): 21-29 JUN 26
- URASE T, YAMAMOTO K, OHGAKI S 1993 EVALUATION OF VIRUS REMOVAL IN MEMBRANE SEPARATION PROCESSES USING COLIPHAGE-Q-BETA *WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY* 28 (7): 9-15
- Teunis PFM, Medema GJ, Kruidenier L, et al. 1997 Assessment of the risk of infection by *Cryptosporidium* or *Giardia* in drinking water from a surface water source *WATER RESEARCH* 31 (6): 1333-1346
- Masago Y, Katayama H, Hashimoto A, Hirata T. and Ohgaki S. (2002) Assessment of risk of infection due to *Cryptosporidium parvum* in drinking water, *WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY* 46 (11-12): 319-324
- Payment P (1999) Poor Efficacy of Residual Chlorine Disinfectant in Drinking Water to Inactivate Waterborne Pathogens in Distribution Systems, *Can. J. Microbiol.*, 45: 709-715.
- Keswick, B. H., T. K. Satterwhite, P. C. Johnson, H. L. DuPont, S. L. Secor, J. A. Bitsura, G. W. Gary, and J. C. Hoff. 1985. Inactivation of Norwalk virus in drinking water by chlorine. *Appl. Environ. Microbiol.* 50:261-264.
- Young D. C. and Sharp D. G. (1977) Poliovirus Aggregates and Their Survival in Water, *APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY*, 33: 168-177.
- Shin GA, Sobsey MD (2003) Reduction of Norwalk virus, poliovirus 1, and bacteriophage MS2 by ozone disinfection of water, *APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY* 69 (7): 3975-3978.
- Sobsey, M. D. 1989. Inactivation of health-related microorganisms in water by disinfection processes. *Wat. Sci. Technol.* 21:179-195.
- Battigelli D. A., Sobsey M. D. and Lobe D. C. 1993. The inactivation of Hepatitis A Virus and Other Model Viruses by UV Irradiation, *Wat. Sci. Tech.*, 27: 339-342.
- Gerba C. P., Gramos D. M. and Nwachuku N. 2002. Comparative Inactivation of Enteroviruses and Adenovirus 2 by UV Light, *Appl. Environ. Microbiol.* 68:5167-5169.
- Meng Q. S. and Gerba C. P. 1996. Comparative Inactivation of Enteric Adenoviruses, Poliovirus and Coliphages by Ultraviolet Irradiation, *Water Research*, 30: 2665-2668.
- Thurston-Enriquez J. A., Haas C. N., Jacangelo J., Riley K. and Gerba C. P. 2003. Inactivation of Feline Calicivirus and Adenovirus Type 40 by UV Radiation, *Appl. Environ. Microbiol.* 69:577-582.
- Kamiko N. and Ohgaki S. (1989) RNA coliphage Q β as a bioindicator of the ultraviolet disinfection efficiency, *Wat. Sci. Tech.*, 21, (3) 227-231.
- US EPA. 1989. *Guidance Manual for Surface Water Treatment Rule (SWTR)*.
- 関谷毅史、大垣眞一郎 (1993) 大腸菌ファージ Q を用いたオゾンのウイルス不活化に関する研究、水道協会雑誌、62 : 21-27.

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

なし

H. 知的所有権等

なし

分担研究報告書 6

水中ウイルスの検査法に関する検討

分担研究者 片山浩之

分担研究報告書

「水中ウイルスの検査法に関する検討」

主任研究者 国包章一 国立保健医療科学院水道工学部

分担研究者 片山浩之 東京大学大学院工学系研究科

要旨

これまでに開発されているウイルス濃縮法について文献調査を行った。研究発表としては、ウイルスの測定法が培養法から PCR 法に移行しており、それに伴って新しいウイルス濃縮法が提案されている。また、PCR 法は比較的簡便な手法であり、水中ウイルスを広く測定することが可能であると考えられる。陰電荷膜を用いた酸洗浄法により、水道原水におけるウイルス濃度の実測が可能であり、大容量の浄水に対しては、陽イオン添加型酸洗浄法が有力な方法である。

A. 研究目的

水の安全性は、最終産物である水道水そのものの検査結果のみによって統計学的に確保するものでなく、HACCP（危害分析・重要管理点）の考え方に基づいて工程管理による安全性の確立を図るべきである。すなわち、消毒前の水あるいは浄水前の原水に含まれる可能性のあるウイルス濃度の分布についてデータを蓄積し、実施している消毒などの処理によるウイルス除去能を調べて安全性を確保することである。除去性能の評価と、濁度管理などの日常のモニタリングによってウイルス除去能を監視すること等により、安全を保つことができると考えられる。

浄水工程におけるウイルスの除去能、あるいは水道原水として用いている水の中に含まれるウイルス濃度の分布を調べることは、水道水の安全性を確保するために重要な情報となると考えられる。そのためには、水中ウイルスの測定法を確立する必要がある。

B. 研究方法

国内外の水中ウイルスに関する文献調査を行った。

C. 研究と考察

1) ウイルス濃縮法の開発の概略

ヒト腸管系ウイルスは、環境中では通常は低濃度であるため、水環境中のウイルスを測定するためにはウイルスを濃縮する必要がある。ウイルス濃縮法が満たすべき要件としては、1)さまざまな種類の大量の水を短時間で処理可能であること、2)測定対象のウイルスを安定した回収率と高い濃縮倍率で濃縮すること、3)簡便で経済的、4)凝集したウイルスや固体表面に付着しているウイルスも回収できること、が挙げられる。また、ウイルス濃縮のメカニズムが明らかであれば、安心して使用できると思われる。

古くは、ガーゼパッドを用いた方法が早くに開発されて (Melnick et al., 1954) 広く用いられてきた。河川水や下水処理水中にガーゼパッドを数日間放置しておいて回収し、アルカリ側に調整してパッドを絞ってウイルスを誘出する方法である。比較的少量の水に対する定性的な方法ではあるが、簡便さが魅力であり、現在

でも用途を限って使用されている。

その後、膜に吸着して誘出する方法が考案された (Cliver 1965)。水量に応じてスケールアップが可能であることや、ウイルスが極めて低濃度で存在する水に対しても適用可能なことや、膜ろ過液を回収することからウイルス濃縮液が無菌的であることなどから、ウイルス濃縮法の主流になってきている。目詰まりによりウイルス回収率が低下する問題などがあり、膜以外にもセルロース凝集法 (Yano et al., 1993) などが開発された。

セルロース凝集法は、親水化処理したセルロースをウイルスの吸着剤として用いる方法であり、矢野博士 (東京都立衛生研究所 当時) によって開発された (矢野ら、1986)。20L 程度の水にセルロースを投入し、攪拌の後、セルロースを回収する方法であるが、試料採取現場での作業が容易であるため、河川水等の調査には簡便な方法である。

膜を用いたウイルス濃縮法として、陽イオン添加と組み合わせた陰電荷膜法が開発され (Wallis et al., 1967)、その改良版ともいえる手法が次々と考案された。静電的に膜にウイルスを吸着させ、弱アルカリ性 (pH9.5 以下) のタンパク質系の有機物を含む溶液もしくは強いアルカリ (pH11.5) により吸着を阻害してウイルスを膜からはがして回収するという原理に基づく方法である (Gerba 1984)。

膜からのウイルス誘出液としてビーフエキス溶液を用いる方法 (Rao et al., 1969) が提案され、以後広く用いられるようになった。また、ビーフエキス溶液によってウイルスを回収した後、さらにウイルスを濃縮する方法として有機凝集法が開発され (Katzenelson 1976)、実用的なウイルス二次濃縮手法として広く用いられるようになった。

試料の前処理を必要としない濃縮法として陽電荷膜法が開発され (Sobsey and Jones, 1979)、アメリカ合衆国をはじめとして広く用いられるようになった。

従来のウイルス濃縮法は培養法によるウイルス検出を前提として開発されているため、特にビーフエキス溶液を用いた濃縮手法は必ずしも PCR 法によるウイルス検出に適した方法とはなっていない。そこで片山らが陰電荷膜を用いた酸洗浄法を開発し (Katayama et al., 2002, 片山ら、2002)、PCR 法と相性の良いウイルス濃縮法として提案している。また、原本らは大量の淡水試料からの濃縮法として、陽イオンを前もって陰電荷膜に添加する方法を開発し、水道水からウイルスを濃縮することに成功している (原本ら、2002, Haramoto et al., 2004)。

2) 水道において実用的なウイルス濃縮法

(ア) セルロース凝集法

陰イオン交換体である DEAE セルロースにウイルスを吸着させて、その後に誘出を行う方法である (Yano et al., 1993)。標準的には、容量 20L のポリエチレン容器に水試料を採取し、DEAE セルロースおよび凝集剤を適量入れて攪拌し、セルロースを凝集させてウイルスを捕集し、セルロースを不織布バッグでろ過して回収する。この段階で持ち運びが可能であるため、試料採取現場ではこの段階までを行う。不織布で回収されたセルロースから、弱アルカリ性のビーフエキス溶液を用いてウイルスを回収する。

この手法は、ウイルス濃縮を採水地点においても容易に行うことができるという利点がある。衛生試験法 (2000 年、金原出版) および上水試験方法 (1993 年、日本水道協会) にウイルス濃縮法として詳しく方法が説明されている。

(イ) 陽電荷膜法

陰電荷膜を用いる場合に必要な陽イオンの添加や pH の調整が不要で、中性の淡水試料を前処理不要で濃縮できる方法として陽電荷膜法が開発された (Sobsey and Jones, 1979)。この手法は、陰電荷をもつウイルス

を陽電荷をもつ膜に吸着させ、少量のビーフエキス溶液で誘出することによって濃縮するものである。陽電荷膜法の利点としては、操作の簡便性(=前処理が不要)に加えて、ろ過効率が陰電荷膜に比べて優れていること、回収率が高いこと、ウイルスの種類による回収率の違いが比較的小さいことなどが挙げられる。上水試験方法(1993年、日本水道協会)にウイルス濃縮法として詳しく方法が説明されている。

(ウ) 陰電荷膜を用いた酸洗浄法

陰電荷膜を用いたウイルス濃縮においては吸着に陽イオンを必要とすることから、誘出の前に陽イオンを除去するための洗浄工程の導入が試みられた(Katayama et al., 2002, 片山ら, 2002)。酸性の洗浄液を用いる酸洗浄では、ウイルスを不活化も誘出もせず、陽イオンを除去し、ろ過原水中に含まれていた阻害物質も誘出する可能性もある。

酸洗浄を導入した場合のウイルス濃縮法におけるウイルスの挙動を模式的に図1に示した。操作としては以下のことを行う。

吸着工程

水試料に 25mM となるように MgCl₂ を加え、陰電荷膜(ミリポア社、HA 混合セルロース、孔径 0.45um)に通す。

酸洗浄工程

pH3 の希硫酸溶液 200mL(47mm の平膜の場合)を膜に通す。

アルカリ誘出工程

ろ過ユニットに滅菌済み試験管を装着して、pH10.5 の水酸化ナトリウム溶液 5mL(47mm の平膜の場合)を膜に注ぎ、吸引圧をかけてろ液を回収する。ろ液を受ける試験管には、あらかじめ 0.1M H₂SO₄ 25μl と 100 倍 TE バッファー 50μl を入れておく。

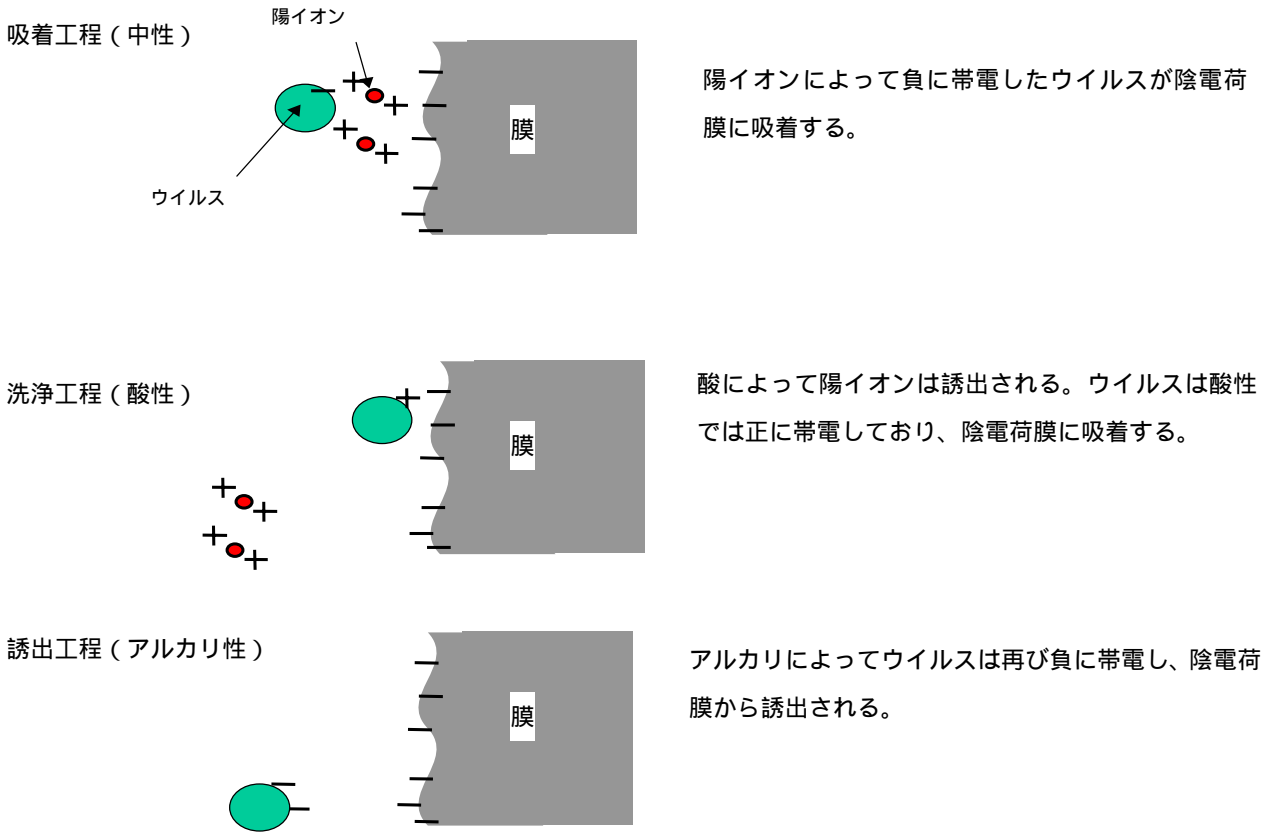


図1 酸洗浄の効果の説明

吸着工程において、陰電荷膜と陰電荷を帯びたウイルス粒子を陽イオンがつかないでいる。洗浄工程の酸性条件下ではウイルス粒子は陽電荷を帯びるようになり、陽イオンは洗浄とともに流出していくと考えられる。また、陽電荷を帯びたウイルス粒子は、陰電荷膜に静電的相互作用で直接吸着しなおし、ウイルスはあまり誘出されない。酸洗浄に続く誘出工程において、アルカリ条件にすれば、ウイルス粒子は再び陰電荷を帯びることになるので、陰電荷膜から容易に誘出されると考えられる。

この手法は、誘出に無機アルカリ溶液を用いているため、後続の限外ろ過膜を用いた二次濃縮を容易に行うことができ (Katayama et al., 2002) そのまま PCR 法を用いたウイルス検出を行うことができるという優れた特長を持っている。また、ポリオウイルスを用いて回収率を評価した場合に、高い回収率を示した。

(エ) 陽イオン添加型酸洗浄法

酸洗浄法は、試料に陽イオンを添加する必要があるため、大量の水からウイルスを濃縮する際の操作性が課題として残っていた。そこで、多量の水試料からのウイルス濃縮を目的として、試料に添加する代わりに先に膜に陽イオンを添加する手法が開発された (原本ら、2002、Haramoto et al., 2004)。

この手法の概要を図 2 に示した。陰電荷膜に前もって塩化アルミニウム溶液を通すことにより、陽イオンを膜に吸着させて擬似的な陽電荷膜を形成する。次に、水試料をそのまま通すと負に帯電したウイルスは膜に吸着する。酸洗浄においては先に添加された陽イオンが膜から離れるが、ウイルスは正に帯電して陰電荷膜と直接吸着している。最後に、アルカリ溶液を通すことによりウイルスは負に帯電して陰電荷膜から離れて回収される。水道水および河川水を対象にポリオウイルスを用いてこの手法を評価した結果、十分に高い回収率を示した (原本ら、2002、Haramoto et al., 2004)。

以上のように、実際の水試料を対象とした場合にも十分に有効なウイルス濃縮手法であるといえる。今後の課題としては、より面積の広い膜の使用や目詰まり対策などによる最適化を行い、さらに大量の水に対しても適用可能にすることが望まれる。また、ノロウイルスやアデノウイルスなど、ポリオウイルス以外のウイルスを用いて回収率を評価することが望ましいと考えられる。

3) 培養法と PCR 法について

環境試料からウイルスを検出する手法は、細胞培養にウイルスを感染させてウイルスによる病変を観察する方法と、PCR をはじめとする分子生物学的手法によってウイルスの遺伝子を検出する方法がある。PCR 法による検出例は、1990 年代の後半に調査研究として広く行われるようになった。

PCR 法は、培養法に比べて感度が高いと言われているが、検査に供する水量が培養法の方が多いため、検出限界濃度はあまり差がないことも多い。また、ウイルスの種類によっては簡単に培養されない場合もあり、ノロウイルスの場合などのように PCR 法による検出しか検査方法がない場合もある。また、検査結果が得られるまでの時間については、PCR 法では 2 時間程度であるのに対し、培養法では短い方でも 1 週間程度を要する。

培養法による検出では、感染価をもつウイルスのみを検出するため、ウイルス陽性であるという検査結果とウイルスによる感染リスクとのあいだに明確な関連があると言える。一方、PCR 法による検査では、ウイルスが感染価を持たない場合でもウイルス陽性という検査結果を出してしまう可能性があるため、必ずしもウイルスによる感染リスクとの関係性が明確でない。特に、水道のように消毒を行った場合、PCR 法による測定では消毒の効果が検査結果に反映されないため、PCR 法による検査はあまり有効ではないと考えられる。

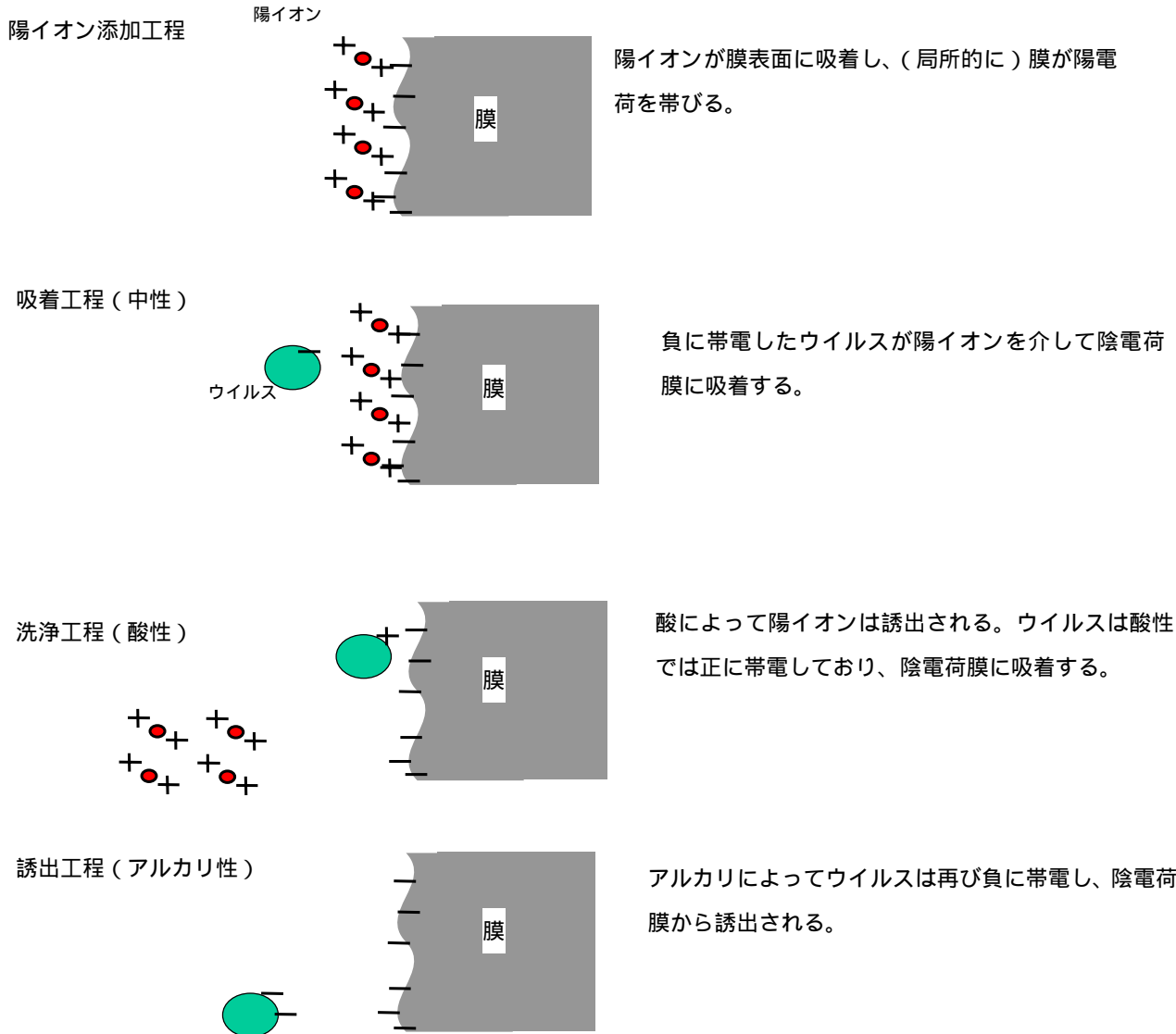


図2 陽イオン添加型酸洗浄法の説明

D. 結論

現在使われている有力なウイルス濃縮法として、1)セルロース凝集法、2)陽電荷膜法、3)陰電荷膜を用いた酸洗浄法、およびその変法である4)陽イオン添加型酸洗浄法について、それぞれに長所があり、目的に応じて使い分けことが望ましい。

近年の水中ウイルス測定の研究発表では、ウイルスの測定法が培養法からPCR法に移行しており、それに伴って新しいウイルス濃縮法が提案されているという背景もある。また、PCR法は比較的簡便な手法であり、水中ウイルスを広く測定することが可能であると考えられる。陰電荷膜を用いた酸洗浄法により、水道原水におけるウイルス濃度の実測が可能であり、大容量の浄水に対しては、陽イオン添加型酸洗浄法が有力な方法である。

E. 参考文献

- Cliver D. O. (1965) Factors in the Membrane Filtration of Enteroviruses. *Appl. Microbiol.* 13: 417-425.
- Gerba C. P. (1984) Applied and Theoretical aspects of Virus Adsorption to Surfaces, *Advances in Applied Microbiology*, 30, 133-168.
- Haramoto E., Katayama H. and Ohgaki S. (2004) Detection of Noroviruses in Tap Water in Japan by Means of

- a New Method for Concentrating Enteric Viruses in Large Volumes of Fresh Water, *Appl. Environ. Microbiol.*, 70: 2154-2160.
- Katayama H., Shimasaki A. and Ohgaki S. (2002) Development of a Virus Concentration Method and Its Application to Detection of Enterovirus and Norwalk Virus from Coastal Sea Water, *Applied and Environmental Microbiology*, 68: 1033-1039.
- Katzenelson E., Fattal B. and Hostovesky T. (1976) Organic Flocculation: An Efficient Second-Step Concentration Method for the Detection of Viruses in Tap Water, *Appl. Environ. Microbiol.*, Vol. 32, No.4, pp.638-639.
- Melnick J. L., J. Emmons, E. M. Opton and J. H. Coffey (1954) Coxsackie viruses from sewage, *Amer. J. Hyg.*, 59: 185-195.
- Rao N. U. and N. A. Labzoffsky (1969) A Simple Method for the Detection of Low Concentration of Viruses in Large Volumes of Water by the Membrane Filter Technique, *Can. J. Microbiol.* 15: 399-403.
- Sobsey M. D. (1974) Methods for Detecting Enteric Viruses in Water and Wastewater, In: *Viruses in Water*, G. Berg et al., Ed., American Public Health Association, Washington D. C.
- Sobsey M. D. and Jones B. L. (1979) Concentration of Poliovirus from Tap Water Using Positively Charged Microporous Filters, *Appl. Environ. Microbiol.*, Vol. 37, No.3, pp.588-595
- Wallis C. and Melnick J. L. (1967) Concentration of Enteroviruses on Membrane Filters, *Jour. of Virology*, 1, pp.472-477
- Yano K., Yoshida Y., Shinkai T. and Kaneko M. (1993) A Practical Method for the Concentration of Viruses from Water Using Fibriform Cellulose and Organic Coagulant, *Wat. Sci. Tech.*, 27, No.3-4, pp.295-298.
- 原本英司, 片山浩之, 大垣眞一郎 (2002) 水道水および河川水中の腸管系ウイルスのモニタリングを目的とした新しい濃縮法の開発、*環境工学研究論文集*、第 39 巻, pp355-364
- 片山浩之、嶋崎明寛, 大垣眞一郎 (2002) 陰電荷膜を用いた酸洗浄・アルカリ誘出によるウイルス濃縮法の開発、*水環境学会誌*、第 25 巻、469-475.
- 矢野一好、林志直、藪内清、田口文章 (1986) 下水中のウイルスの消長とその不活化に関する研究 第五報 フィルターによるポリオウイルスの濃縮、*用水と廃水*, 28, pp.183-191.
- 日本薬学会 編 (2000) *衛生試験法・注解*、金原出版株式会社
- 厚生省生活衛生局水道環境部 監修 (1993) *上水試験方法*

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

なし

H. 知的所有権等

なし

分担研究報告書 7

水道水等飲料水のウイルス汚染に係る危機管理対策の
今後のあり方に関する検討

主任研究者 国包章一

分担研究者 遠藤卓郎、片山浩之、西尾 治、矢野一好

分担研究報告書

「水道水等飲料水のウイルス汚染に係る危機管理対策のあり方に関する検討」

主任研究者 国包章一 国立保健医療科学院水道工学部
分担研究者 遠藤卓郎 国立感染症研究所寄生動物部
片山浩之 東京大学大学院工学系研究科
西尾 治 国立感染症研究所感染症情報センター
矢野一好 東京都健康安全研究センター微生物部

要旨

水道水等飲料水のウイルス汚染に係る危機管理対策のあり方につき整理した。さらに、ウイルス汚染に関する飲料水危機管理ホームページに盛り込むべき事項として、予防保全と危機管理対策の確立、飲料水のウイルス汚染に起因することが疑われる感染症が発生した場合の対処方法、及び、水中ウイルスに関する基礎情報の3つを取り上げ、それぞれの概要についても整理した。このうち水中ウイルスに関する具体的な情報の詳細については、本研究の他の分担研究報告書で取りまとめている。水道や小規模給水施設でウイルス感染事故が万一起きた場合には、被害状況や原因ウイルスの特性等に合わせて、速やかに適切な措置を取るようしなければならない。また、水道事業体では、予防保全の考え方に基づいて施設の運転管理を適切に行うとともに、平素から不測のウイルス汚染事故に備えて万全の体制を整備しておくことが重要である。

A．研究目的

水道水がウイルスによって高濃度に汚染された場合には、重大な健康影響がもたらされることが懸念される。最近では、小規模水道やその他飲用井戸等小規模給水施設において、ノロウイルスによる集団感染が時々発生している。このような水道水等飲料水のウイルスによる汚染事故の発生に備えて関連情報を系統的に整備し、それを水道・衛生行政担当機関、衛生検査機関、水道事業体等のほか、広く一般国民にも提供することは、適切な健康危機管理対策を確立する上で極めて重要である。

そのため、本研究では、水道水等飲料水のウイルス汚染に係る危機管理対策のあり方について総合的に検討し、汚染事故の未然防止に必要な情報や、万一汚染事故が起きた場合の適切な対処方法等につき明らかにすることを目的とした。本研究の成果が広く活用されることにより、水道水等飲料水のウイルス汚染による健康被害の未然防止、並びに、その微生物学的安全性の向上に寄与することが大いに期待される。

B．研究方法

本研究では、以下のことにつき検討した。

飲料水のウイルス汚染に係る危機管理の重要性と今後の危機管理対策のあり方

ウイルス汚染に関する飲料水危機管理ホームページに盛り込むべき事項

- ・ 予防保全と危機管理対策の確立
- ・ 飲料水のウイルス汚染に起因することが疑われる感染症が発生した場合の対処方法

・水中ウイルスに関する基礎情報

これらの検討は、主として文献調査により、また、必要に応じて他の分担研究とのフィードバックも頻繁に行った。

なお、本研究全般にわたって文献 1～3 を参考とした。

C．結果と考察

1．飲料水のウイルス汚染に係る危機管理の重要性と今後の危機管理対策のあり方

水道水等飲料水のウイルス汚染に起因する感染症に対しては、これまで必ずしも十分な対策が講じられていなかった。その主な原因の一つには、水中ウイルスに関して正しい情報がまとまった形で提供されていなかったことが挙げられる。これには、水中におけるウイルスの存在に関して、科学的な解明が十分に進んでいなかったことも大いに関係している。しかし、近年では、分子生物学的な研究が急速に進歩したことにより、水中ウイルスに関する新たな知見もかなり豊富に蓄積されるようになってきている。例えば、従来であれば、検査技術が未熟であったために満足に行えなかった病原微生物の検出や同定が的確に行えるようになり、水中におけるウイルスの挙動についてもより正確な情報が得られるようになってきている。そして、蓄積されつつあるこれらの知見から、水系感染症における病原体としてのウイルスの重要性が、今日再認識されるようになってきている。

以上のような状況に鑑み、水道水等飲料水のウイルス汚染に係る危機管理対策を講じる上では、次のような点に十分配慮することが当面重要であると考えられる。

正しい科学的な情報の積極的な発信

関連情報の収集・整理と研究の推進

必要に応じた規制の見直し

これらのうち最も重要と考えられるのは情報発信である。これに関しては、厚生労働省が中心となって、水中ウイルスに関する危機管理ホームページを早急に作成して公開し、都道府県や水道事業体の担当者はもとより、飲用井戸の設置者、さらには一般国民が、その情報を容易に利用できるようにすることが必要であると考えられる。このホームページに盛り込むべき事項としては、予防保全と危機管理対策の確立、飲料水のウイルス汚染に起因することが疑われる感染症が発生した場合の対処方法、及び、水中ウイルスに関する基礎情報が挙げられる。水道水等飲料水のウイルス汚染に起因することが疑われる感染症が発生した場合に、速やかに適切に対処することができるよう、あらかじめ十分な予防保全措置を講じるとともに、危機管理体制を確立しておくことは、都道府県や水道事業体にとって最も重要なことである。また、水中ウイルスに関する最新の正しい科学的情報を関係者はもとより一般国民が広く共有することによって、水道水等飲料水のウイルス汚染による感染症発生の未然防止や、万一、飲料水のウイルス汚染に起因する感染症が発生した場合における適切な健康危機管理が可能となるものと期待される。

ウイルス汚染に関する飲料水危機管理ホームページに盛り込むべき事項については、以下に示すとおりである。

なお、今日、水中ウイルスに関しては、消毒による不活化効果、残留塩素に対する耐性、水中における生残等、その挙動に関して未解明の点が多く残されている。これらの点に関しては、今後さらに調査研究を推進することが必要である。また、上記のようにして作成したウイルス汚染

に関する飲料水危機管理ホームページでは、これらの調査研究による成果を積極的に盛り込むよう心がけることが重要である。

2．ウイルス汚染に関する飲料水危機管理ホームページに盛り込むべき事項

ここでは、水道水等飲料水のウイルス汚染に起因する感染症の発生に焦点を当てた飲料水健康危機管理ホームページを新たに作成して公開し、都道府県や水道事業者の担当者や、その他関係者の用に供することを想定して、それに盛り込むべき内容につき以下のように整理した。

2．1 予防保全と危機管理対策の確立

水道水等飲料水のウイルス汚染に起因する感染症の発生を防ぐためには、予防保全と危機管理対策の確立が不可欠である。これらのうちでも特に予防保全は、ウイルス汚染に起因する感染症の未然防止を図る上で極めて重要である。また、万一、水道水等飲料水のウイルス汚染が原因と疑われる感染症が発生した場合に備えて、都道府県や水道事業者においてあらかじめ適切な危機管理マニュアルを策定し、それに合わせて危機を想定した訓練等を日常的に行うことなども重要である。したがって、これらのことについて、ホームページ上でその望ましいあり方について解説しておくことが必要であり、その主な内容として下記のようなことが考えられる。

(1) 危機管理マニュアルの策定

マニュアルに盛り込むべき事項：目的、対象範囲、危機管理の手順、危機管理体制の整備、状況把握、緊急措置、原因究明、関係機関との連携、プレス発表・広報、報告・記録、緊急連絡先リスト、参考事例等

(2) 原水の保全と監視

水道水源保護条例の制定、水道水源保全地区の指定、汚染源地図の作成、集水域のパトロール、水源及び原水水質監視等

(3) 水道システムにおける対応

浄水施設の機能評価、浄水施設の改善、水質管理の強化、水安全計画の策定と実施、試料の保存等

(4) 危機を想定した訓練の実施

内容、方法、規模、実施頻度、関係者等への事前周知

2．2 飲料水のウイルス汚染に起因することが疑われる感染症が発生した場合の対処方法

水道水等飲料水のウイルス汚染に関して十分な未然防止対策が講じられていたとしても、時として汚染事故が実際に発生することはどうしても避けられない。そのため、水道水等飲料水のウイルス汚染に起因することが疑われる感染症が、万一発生した場合の対処方法として、体制整備、状況把握、緊急措置、原因究明及び改善措置、関係機関との連携、プレス発表・広報、報告・記録等のあり方につき、適切なガイダンスを提示しておく必要がある。その主な内容としては、下

記のようなことが考えられる。

これらのうち特に異常事態発生直後の初動体制の確立は、その後の対処の成否を大きく左右するものである。状況がまだ十分に把握できず、また体制が十分に整えられない中で、的確な状況判断とそれに基づく適切な措置が求められる。そのため、医療機関との連携など、すみやかな協力体制の確立が図れるよう事前に備えておくとともに、随時、シミュレーションや模擬訓練等を行うことも重要である。

(1) 体制整備

対策本部等の設置、担当者の役割分担の明確化、指揮命令系統及び情報処理系統の明確化等

(2) 状況把握

被害者の特定と被害程度の確認、被害者の分布状況の把握とその行動記録の作成、今後における被害拡大の可能性の予測、想定される原因の考察等

(3) 緊急措置

浄水処理の強化、取水もしくは給水の停止等

(4) 原因究明及び改善措置

危害因子の同定、汚染源及び汚染原因の確認、汚染原因の除去、水道システムの改善等

(5) 関係機関との連携

衛生行政機関、保健所、衛生研究所、医療機関等との連携（通報、情報交換、役割分担の確認等）等

(6) プレス発表、広報等

手段

プレス発表：テレビ（有線を含む）、ラジオ、新聞等

広報：インターネット、回覧板、投げ込みチラシ、宣伝カー、緊急放送システム（防災無線など）、コンビニの活用等

内容

危害の内容、今後の見通しを含めた危害の程度と広がり、水道事業者等当事者による緊急措置と対策実施状況、水道利用者による危害の回避手段（煮沸、飲用回避等）、疾病関連情報（症状と程度、治療方法等）、相談窓口案内等

対象（広報の場合）

一般家庭、公共施設、学校、病院、食品製造工場、大規模店舗等

(7) 報告、記録等

報告：厚生労働省ほか関係行政機関への報告等

記録：水道事業体等の内部における記録等

2.3 水中ウイルスに関する基礎情報

水中ウイルスに関する基礎情報は、ウイルス汚染に関する飲料水健康危機管理対策の確立を図る上で必須であり、これらの情報をデータベースとしてホームページ上で公開し、関係者が広く情報を共有することが重要である。

データベースに盛り込むべき事項としては、ウイルスに関する基礎知識、主な水中ウイルスに関するファクトシート、ウイルスによる過去の水系感染事例、水系ウイルス感染に関する健康リスク評価の考え方、水中ウイルスの浄水処理による除去の可能性と水道システムにおける挙動、水中ウイルスの検査法、水中ウイルスを対象とした飲料水健康危機管理に係る関連法規、水中ウイルスに関するその他関連情報源情報等が挙げられる。これらのそれぞれの概要は下記のとおりである。

なお、このうち(1)～(6)については、それぞれ分担研究報告書において詳細に検討して整理した結果を取りまとめているので、それらを参照されたい。

(1) ウイルスに関する基礎知識

ウイルスの基本的特性、水中での一般的な挙動、水系感染が問題となるウイルス、汚染源等

(2) 主な水中ウイルスに関するファクトシート

対象ウイルス：

ノロウイルス、サポウイルス、アストロウイルス、エンテロウイルス、ロタウイルス、A型肝炎ウイルス、E型肝炎ウイルス、アデノウイルス

[その他参考として取り上げるべきウイルス(=最近重大な社会問題となっているウイルス)]

コイヘルペスウイルス、SARS コロナウイルス、トリインフルエンザウイルス

記載項目

概要、ヒトへの健康影響、環境中での挙動、感染経路、わが国における感染実態、飲料水との関連性、検査法、予防、治療等

(3) ウイルスによる過去の水系感染事例

対象事例

水系感染が疑われた国内外におけるウイルス感染症発生事例、その他飲料水からのウイルス検出事例等

記載項目

出典、国・地域、時期、場所、被害状況、水系感染の判断根拠及び推定汚染源、対応・対策、その他重要事項等

(4) 水系ウイルス感染に関する健康リスク評価の考え方

水道水のウイルス汚染による水系感染症発生リスクに関する基本的考え方等

(5) 水中ウイルスの浄水処理による除去の可能性と水道システムにおける挙動

凝集沈澱 - 急速砂ろ過及び膜ろ過による除去の可能性、塩素、紫外線及びオゾンによる消毒が水中ウイルスの除去に及ぼす効果、水道水中におけるウイルスの生残等

(6) 水中ウイルスの検査法

試料採取方法、濃縮法、培養法及び PCR 法、不活化したウイルスの取り扱い方法、調査事例等

(7) 水中ウイルスを対象とした飲料水健康危機管理に係る関連法規等

水道法、水道法施行令、水道法施行規則、水質基準、施設基準、飲料水健康危機管理実施要領、その他関連通知等

(8) 水中ウイルスに関するその他関連情報源情報

WHO 図書及びホームページ掲載情報、一般図書等

D . 結論

水道水等飲料水のウイルス汚染に係る危機管理対策の確立を図る上で重要と考えられる事項につき整理した。これらのうち水中ウイルスに関する具体的な情報の詳細については、本研究の他の分担研究報告書で取りまとめている。水道や小規模給水施設でウイルス感染事故が万一起きた場合には、被害状況や原因ウイルスの特性等に合わせて、速やかに適切な措置を取るようにならなければならない。また、水道事業体では、予防保全の考え方に基づいて施設の運転管理を適切に行うとともに、平素から不測のウイルス汚染事故に備えて万全の体制を整備しておくことが重要である。

E . 参考文献

- 1) 厚生労働省健康局総務課地域保健室：健康危機管理情報システム検討会報告書、平成 14 年 3 月 (2002)
- 2) 厚生省生活衛生局水道環境部水道整備課長：飲料水健康危機管理実施要領について (通知) , 平成 9 年 4 月 10 日 , 衛水第 162 号 (1997)
- 3) 財団法人水道技術研究センター：水質汚染事故に係る危機管理実施要領策定マニュアル(1999)

F . 健康危険情報

該当なし

G . 研究発表

- 1) 遠藤卓郎：第 6 章緊急時の対応、金子光美編著、水道の病原微生物対策、丸善、pp.239-247(2006).

H . 知的所有権の取得状況

該当なし

研究成果の刊行に関する一覧表

研究成果の刊行に関する一覧表

1. 論文発表

- 1) 矢野一好：腸管系ウイルスによる水質汚染と食品汚染、水環境学会誌、Vol.29, pp.124-129(2006).
- 2) 片山浩之：水環境および飲料水におけるノロウイルス汚染、水環境学会誌、Vol.29, pp.135-138(2006).
- 3) 片山浩之：第4章ウイルス 4.2 水道における検出例と事故例、4.3 水道水中のウイルス検出技術、4.4 予防対策、金子光美編著、水道の病原微生物対策、丸善、pp.194-218(2006).
- 4) 遠藤卓郎：第6章緊急時の対応、金子光美編著、水道の病原微生物対策、丸善、pp.239-247(2006).
- 5) 丸山 務監修、西尾 治・中村明子・古田太郎著、ノロウイルス現場対策、幸書房(2006).
- 6) 齋藤博之、佐藤寛子、阿部真理子、石塚志津子、原田誠三郎、鈴木紀行、北嶋哲彦、高橋治、川村之聡、金恵美子、堀内和之、永須昭夫、渡邊 稔、小裕真吾、伊藤善信：簡易水道が原因と考えられたノロウイルスの流行 - 秋田県、病原微生物検出情報、Vol.26, pp.150-151(2005).
- 7) 田村 務、西川 真、飯田和久、新井田良平、柴竹美和子、角田由紀子、西尾 治、飲料水が原因のノロウイルスによる食中毒事例 - 新潟県、病原微生物検出情報、Vol.26, pp.330-331(2005).
- 8) 徳竹由美、小林正人、秋山美穂、愛木智香子、西尾 治、井戸水からノロウイルスが検出された食中毒事例、感染症学雑誌（印刷中）.

2. 学会発表

なし