

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、飲料水の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、飲料水の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

飲料水の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の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。

#### 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