

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: A SOUTH 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 <sub>50</sub> )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（2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 INDIGENOUS 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 Wastewater., 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、解析に必要となる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<sup>1)</sup>。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<sup>2)</sup>。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<sup>3)</sup>によって、水道水中のノロウイルスの濃度分布<sup>4)</sup>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]<sup>5)</sup>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



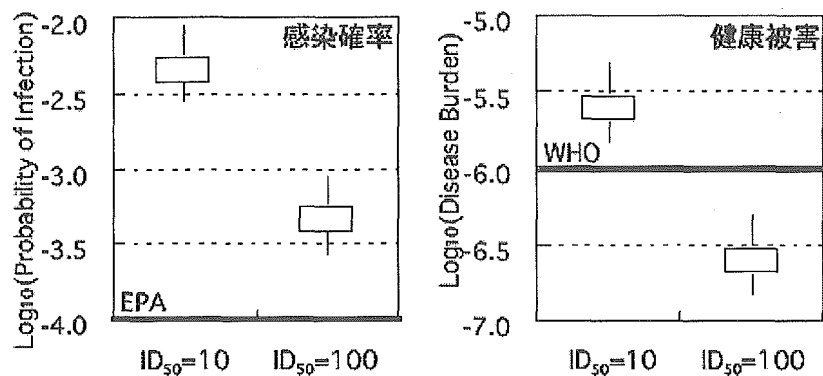


図1 水道水中のノロウイルスによる感染症リスク  
 (棒の上下は95%値と5%値、箱の上下は75%値と25%値、  
 横線はそれぞれEPAとWHOの提唱する許容値を示す)

(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<sup>1)</sup>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ID<sub>50</sub>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 Resions 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される。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