

特集：緊急時の安全な水の確保

<原著>

我が国における過去30年間の飲料水を介した健康危機事例の解析
(1983～2012年)

岸田直裕¹⁾, 松本悠¹⁾, 山田俊郎²⁾, 浅見真理¹⁾, 秋葉道宏³⁾

¹⁾ 国立保健医療科学院 生活環境研究部 水管理研究領域

²⁾ 岐阜大学 工学部 社会基盤工学科

³⁾ 国立保健医療科学院 水管理研究分野

Analysis of health-related incidents associated with drinking water in
Japan in the last three decades (1983-2012)

Naohiro KISHIDA¹⁾, Yu MATSUMOTO¹⁾, Toshiro YAMADA²⁾, Mari ASAMI¹⁾, Michihiro AKIBA³⁾

¹⁾ Area on Water Management, Department of Environmental Health, National Institute of Public Health

²⁾ Department of Civil Engineering, Gifu University

³⁾ Area on Water Management, National Institute of Public Health

抄録

目的：我が国における飲料水を介した健康危機の発生実態を明らかとすることを目的とした。

方法：1983年1月から2012年12月までの30年間を対象期間とし、期間中に発生した飲料水を介した健康危機事例を収集し、健康危機の発生傾向について分析を行った。

結果：過去30年間に飲料水を介した健康危機事例は約590件発生しており、化学物質が原因の事例が最も多かったが、明らかな健康被害が発生した事例では、原因物質の大半は微生物であった。地下水を水源とする専用水道や飲用井戸等の小規模の施設において健康被害を伴う水質事故が高頻度で発生しており、主要な発生要因は消毒の不備であった。また、飲料水を介した病原微生物が原因の健康リスクは米国やEUと比べ低く維持できていると示唆された。

結論：我が国の飲料水を介した健康リスクを減少させるためには、飲用井戸、専用水道等の小規模施設の適切な衛生管理を実施していくことが重要である。

キーワード：危機管理、水系感染症、水質汚染事故、水道

Abstract

Objectives: The objective of this study was to explore health-related incidents associated with drinking water in Japan.

Methods: Data about health-related incidents associated with drinking water, which occurred in the last three decades (1983-2012), were collected and their patterns of occurrence were analyzed.

Results: A total of about 590 incidents occurred in the last three decades. Although incidents were most commonly caused by chemicals, there were also incidents that created health damage that were caused

連絡先：岸田直裕

〒351-0197 埼玉県和光市南2-3-6

2-3-6, Minami, Wako-shi, Saitama, 351-0197, Japan.

Tel: 048-458-6274

E-mail: kishida@niph.go.jp

[平成27年4月30日受理]

by microorganisms. Incidents in which health damage occurred frequently involved small water supply systems such as private facilities and wells taking in groundwater. The main cause of problems was inadequate management of disinfection equipment. It appears that health risk associated with pathogenic microorganisms in drinking water in Japan has been lower than that in the United States and European Union.

Conclusions: To decrease health risks associated with drinking water, it is important to perform adequate hygiene management in small water supply systems

keywords: accidental water pollution, crisis management, waterborne infectious disease, water supply
(accepted for publication, 30th April 2015)

I. はじめに

我が国における飲料水を介した健康被害は、上下水道の普及に伴い著しく減少した。現在では水道普及率は97%を超えており、水道法等に基づき、諸外国と比較しても高いレベルで飲料水の水質管理が行われていると考えられる。しかしながら、近年においても低頻度ではあるものの健康被害を伴う水質汚染事故は発生している [1].

食品と比較して健康被害の発生頻度や死亡事故率は一般に低いといえるが、給水人口の多い大規模な浄水場において万が一深刻な水質汚染が発生した場合には、広範囲の需要者に対して健康被害が発生するおそれがあり、飲料水を介した健康影響リスクを軽視すべきではない。実際に、1993年に米国Wisconsin州Milwaukee市で発生した水道を介したクリプトスポリジウムの集団感染事例では、推定感染者40万人以上が発生したと報告されている [2]. 近年でも（2010年）、スウェーデンのOstersund市にて推定27,000人のクリプトスポリジウム症の患者の発生が報告されている [3]. 我が国においても、1996年に埼玉県越生町の町民の約7割が感染したとされる大規模な水道水を介したクリプトスポリジウムの集団感染が発生している [4].

このような飲料水を介した健康被害を発生させないためには、浄水場のみでなく、水源から給水栓に至るまでに存在する様々な工程における危害の評価・管理を実施していくことが重要である。世界保健機関（WHO）が提唱し、我が国においても導入が推奨されている「水安全計画」においても、このような危害管理の考え方が基本となっている [5]. 危害を適切に評価し、管理手法を提案するためには、過去に発生した健康危機の原因や影響を詳細に解析することが不可欠である。

上記のような背景から、筆者らは、我が国における飲料水を介した健康危機の現状と課題を明らかにすることを目的に、「飲料水健康危機管理実施要領」に基づき厚生労働省に報告された健康危機事例の分析を行った [6]. 一方、「飲料水健康危機管理実施要領」が策定されたのは1997年度であり、それ以前の飲料水を介した健康危機事例についてはその実態が明らかとなっていない。また、本要領は基本的に情報提供依頼の形式を取っており、報

告対象とする事象の説明はあるものの [7]、報告対象となるか否かの判断は、水道事業者や都道府県に委ねられるため、必ずしも全ての危機事例が報告されるわけではない。そこで本研究では、「飲料水健康危機管理実施要領」に基づき報告された事例に加え、過去30年間に保健所・衛生研究所等に報告された事例やデータベース検索等によって収集した事例についても解析するとともに、世界的に見ても先進的な管理状況にあると考えられる米国とEUの類似データとの比較も試み、我が国における飲料水を介した健康危機の発生実態や課題を明らかにした。

II. 方法

1. 収集対象の健康危機事例の定義

国民の生命、健康を脅かす事態が生ずるおそれがある、または生じているものを健康危機事例とした。具体的には以下に示す定義に合致した事例を収集した。

- (1) 飲料水を介して健康被害が発生した事例、または原因として飲料水が疑わしい事例
- (2) 水道原水または浄水で有害物質が検出され、行政対応として給水停止や飲用制限が行われた事例
- (3) 行政対応が行われたかどうかは不明であるが、飲料水から濁水や異臭等が発生し、飲用に適さない水が供給されたと考えられた事例（飲用不適）
- (4) 給水停止や飲用制限には至らなかったが、有害物質の検出により、水道事業者等が取水停止や活性炭の注入といった対応を行った事例
- (5) 水道施設への侵入や、施設破損といった水道へのテロ等が発生した事例

以上の定義より、水源・原水等で有害化学物質・病原微生物等を検出したが、水道施設への影響が小さく、水道事業者等で特別な対応を必要としなかった事例、影響や対応が不明であった事例、レクリエーション水（プール等）や入浴、透析等を介した事例は解析の対象外とした。また、「飲料水健康危機管理実施要領」においても、ボトルウォーターを介した健康危機事例は、食品衛生法により措置が講じられるものであり、報告の対象外となっているため [7]、本研究でも解析の対象外とした。なお、東日本大震災に伴う健康危機事例は、影響を受け

た事業体数, 水質項目等が著しく多く, これらの事例を全て含めてしまうと解析結果に偏りが生じると予想されたため, 解析の対象外とした。

2. 健康危機事例の収集方法

1983年1月から2012年12月までの30年間を対象期間とし, 期間中に発生した飲料水を介した健康危機事例を収集した。「飲料水健康危機管理実施要領」に基づいて報告された事例は厚生労働省健康局水道課より提供を受けた。本要領では, 水道水のみならず, 飲用井戸等の水道法適用外の水についても報告対象となっている。上記の定義に当てはまらないと考えられた一部の事例は排除した。また, 水道課のホームページに記載されている水道関連事故事例 [8] の中で上記の定義に一致する事例について収集した。さらに, 全国の保健所のネットワーク等を利用して収集された健康危機事例 [9] のうち, 上記の定義に一致する事例を収集した。また, 「地方衛生研究所ネットワーク」において公開している健康危機事例集や地方衛生研究所研究報告集 [10], 地方衛生研究所・検疫所・保健所から報告される感染症情報が掲載されている「病原微生物検出情報 (ISAR)」[11], 国内最大級の科学技術文献データベースである「J Dream III」[12], 国内の総合学術電子ジャーナルサイト「J-STAGE」[13], 新聞記事データベース「ヨミダス歴史館」[14], 一般検

索サイト「Google」[15] 等のデータベース・検索サイトを利用して, 可能な限り多くの事例収集に努めた。「水, 水道, 飲料水, 断水, 破損, 飲用制限, 取水停止, 化学物質名, 微生物名」等のキーワードを組み合わせて検索を用い, ヒットした文献の題名・抄録内容等から収集対象事例を選別した。また, 飲料水を介した健康危機事例を掲載した資料 (既往研究) [16-17] から事例を収集した。

3. 健康危機事例の分類・整理

(1) 原因物質の分類

収集した健康危機事例を, 表1に示すとおり原因物質毎に4つに分類した。さらに, 微生物・化学物質については, 具体的な原因物質を特定できた場合には, その物質名毎に集計した。

(2) 水道・水源の分類

健康危機が生じた水道の種類を, 既報 [6] を参考に, 表2に示す定義に従い6つに分類した。情報が不足し, 定義による分類ができなかった事例については, 定義を満たすか否かによらず, 表2の具体例に示す水道施設の場合は, 専用水道, 未規制小規模水道に分類した。例えば, 給水人口が不明の水道であっても, 自己水源を持つ飲食店の場合は小規模水道に分類した。また, 健康危機

表1 原因物質の分類

原因物質の分類	内容・具体例
微生物	細菌類, 原虫類, ウイルス類, 等
化学物質	油類, 農薬類, 有機化合物, 無機物質 (重金属等), 消毒剤/副生成物/不純物, 水処理薬品, 等
その他	濁度 (濁水), 色度, 異臭味, pH異常, 残留塩素不足, 汚水, 工業用水, 等
原因物質なし (事件性のもの)	実際には水質異常を伴わなかったために原因物質は存在しないが, 深刻な健康被害を引き起こすおそれのある事例 (施設浸水・破壊, 薬物投入未遂, 等)

表2 水道の分類

水道の種類	定義・具体例
上水道事業 (上水道)	計画給水人口5,001人以上の水道事業
簡易水道事業 (簡易水道)	計画給水人口が101人以上5,000人以下の水道事業
水道用水供給事業 (用水供給)	水道事業者に対し水道用水を供給する事業
専用水道	寄宿舍等の自家用水道等で101人以上の居住者に給水する者または1日最大給水量が20m ³ を超えるもの *自己水源を持つ病院, 学校, 工場, 団地, 旅館, ホテル
未規制小規模水道 (小規模水道)	給水人口が100人以下の飲料水供給施設, 自家用井戸等 *自己水源を持つ飲食店, キャンプ場
貯水槽水道	自己水源を持たず, 水道事業から水の供給を受けるビル等の給水設備 (簡易専用水道を含む)

*具体例

表3 水源の種類

水源の種類	内容
地表水	河川水、湖沼水、ダム放流・貯留水、沢水
地下水	井戸水、湧水、伏流水
混合	地表水、地下水の両方を水源としている場合
受水	上水道事業等から供給された浄水を受水している場合

表4 被害レベルの分類

分類	内容	具体例
カテゴリー 1	健康被害が生じた事例	死亡・発症・感染
カテゴリー 2	日常生活への影響が重篤な事例	給水停止・使用停止
カテゴリー 3	生活被害が生じた事例	飲用制限・飲用不適・応急給水
カテゴリー 4	水道事業者等が何らかの対応を行ったが、社会生活への影響が小さい、もしくはなかった事例	取水制限・水源切り替え・粉末活性炭投入等

事例の水源の種類についても、表3に従い、4つに分類した。

（3）健康危機発生要因の分類

健康被害が発生した事例の発生要因を、危害の発生箇所（水源、浄水過程、給配水過程）毎に「水安全計画策定のためのガイドライン」・「水安全計画作成支援ツール」[5]に記載されている原因事象を参考として分類した。

（4）被害レベルの分類と評価

感染症等の健康被害が発生した事例、健康被害には至らないが給水停止等により生活に支障が生じた事例等、様々な健康危機事例が存在しており、その被害内容は多岐にわたり、重篤度も異なる。そこで、既報[6]に従い、健康被害や社会生活への影響の大きさを考慮して、健康危機事例を結果の影響の大きさによって表4のように、4つのカテゴリーに分類した。さらに、カテゴリー1, 2, 3に分類された健康危機の影響を定量的に評価し、各水道、原因物質間で比較検討するため、給水人口に対する過去30年間の健康危機事例の影響人数の比を指標（評価値）として求めた。なお、影響人数とはカテゴリー別に集計した影響を受けた人数である。用水供給および貯水槽水道については収集事例数が少なかったため、上水道、簡易水道、専用水道、小規模水道のみを評価の対象とした。また、原因物質がない事例（事件性のもの）についても収集事例数が少なかったため、評価の対象外とした。

給水人口には2011年度末時点での統計値[18]を用いた。小規模水道の対象人口は、2011年度の日本の総人口より上水道、簡易水道、専用水道の給水人口を引いた値を用いたが、小規模水道とその他の水道を併用しているケースも存在することから、実際の人口より多少小さい値となっていると推測される。また、カテゴリー2, 3

に分類され、影響人数が不明で影響戸数（世帯数）の情報のみが得られた事例の場合、2011年度末時点での給水契約数当たりの現在給水人口（＝2.25人/契約）[18]を影響戸数に乗じて影響人数を算出した。さらに、影響戸数の情報も得られなかった事例の場合、同じ水道の分類、カテゴリー、原因物質に含まれる事例の影響人数の平均値を外挿して評価値を求めた。このような事例はカテゴリー1では1件も該当しなかったが、カテゴリー2, 3では、該当事例数の割合が上水道で26%、簡易水道で32%、専用水道で48%、小規模水道で66%であった。このように、小規模の水道かつ健康被害の発生しなかった事例の場合は、影響人数・戸数等の情報が入手できないことが多く、算出された評価値にはある程度の誤差が含まれていることに注意が必要である。

4. 米国、EUの類似データとの比較

国外における飲料水を介した健康危機事例を網羅的に収集することは極めて困難であることから、既に米国、EUの政府機関・研究者によって集計されている健康危機情報[19, 20]との比較を行った。米国、EUとの比較においては、日本の結果も含め、水系感染症による健康危機事例についてのみの比較を試みた。これは直接的な健康影響が発生しやすい水系感染症による事例を除き、国外の情報を収集することが困難であったためである。

Ⅲ. 結果および考察

1. 飲料水を介した健康危機の発生傾向

事例収集に努めた結果、調査対象期間中（過去30年間）の飲料水を介した健康危機事例を約590件収集することができた。図1に我が国における原因物質別の飲料水を介した健康危機事例数の推移を示すが、1990年代後半以降事例数は増加し、2000年代中頃をピークに近年

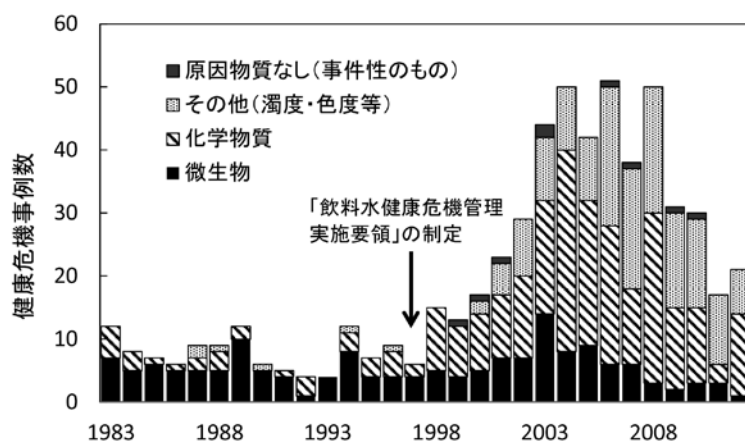


図1 原因物質別の飲料水を介した健康危機事例数の推移
(同一の危害事象により複数の事業体に同様の影響が出た場合は、1つの事例として集計した.)

は減少傾向にあることがわかる。1990年代後半から事例数が急増しているのは、1997年3月に「飲料水健康危機管理実施要領」が策定され、健康危機事例の報告数が増加したことが主な理由である。このことから、本要領は、我が国における飲料水を介した健康危機の実態把握に貢献したと考えられる。一方、収集された健康危機のうち、1997年度以降に発生した事例数に占める本要領に基づく報告数の割合は6割程度であったことから、情報提供依頼に基づく事例収集方法には限界があると示唆された。なお、厚生労働省健康局水道課では、2013年10月に本要領の一部改定を行っており、その際に、都道府県等の水道行政担当部(局)や厚生労働大臣認可の水道事業体・水道用水供給事業者宛に情報提供依頼(通知)を再度発出している[21]。その通知の中で、「情報提供をお願いしたいケース」や確実に報告対象となる該当事例について具体的に示す等、本要領の周知に努めており、本要領に基づく報告率も今後増加することが予想される。このことによって、健康危機の発生実態をより正確に把握できるようになることが期待される。一方、健康危機事例数が近年減少している理由は不明である。実際に健康危機の発生が減少しているのか、それとも報告・広報等がされづらくなってきているのか、今後も事例収集を続け、明らかとする必要がある。

2. 飲料水を介した健康危機の原因物質

図1に示した通り、1990年代前半までは、主に微生物が原因の健康危機事例が多かったが、1990年代後半からは化学物質が、2000年代からはその他の水質異常が原因の事例も増加している。化学物質が原因の事例が増加した理由は、1997年に「飲料水健康危機管理実施要領」が策定され、これまで報告・報道等がされてこなかった直接的な健康被害を伴わない水質異常に関する報告が増えたためであると考えられる。

その他の水質異常が原因の健康危機事例が増加した理

由は定かではないが、化学物質と異なり、濁度、色度等に関する報告基準は明確に定められていないこともあり、「飲料水健康危機管理実施要領」に基づく報告は比較的少ない。新聞記事データベース(ヨミダス歴史館)によって収集された事例が多かったことから、濁度(濁水)、異臭味等の問題に関して以前より関心が増し、報道されやすくなった可能性がある。

表5に過去30年間に発生した健康危機の原因物質の内訳を示す。30年間の合計では化学物質による健康危機事例が最も多かった。人為起源と考えられる油類、農薬、有機化合物、無機物質、消毒副生成物等が多かったが、ヒ素等、天然(地質)由来の汚染物質による健康危機も報告されている。次に多かった原因物質は微生物であり、大腸菌をはじめとする細菌類による事例が多かったが、近年は検査技術の発達等に伴い、原虫やウイルスが原因の健康危機も報告数が増加しつつある。その他の物質が原因の健康危機事例の大半は濁度(濁水の発生を含む)によるものであった。なお、本調査では、前述のとおり、入浴等を介した事例は収集・解析の対象外としたが、対象とした場合には、国内でも発生が多いレジオネラによる健康危機事例等が含まれることになるため、微生物による健康危機事例数が増加することになる。厚生労働省健康局生活衛生課が平成14年度に実施した「入浴施設等における緊急一斉点検」においては、行政検査が行われた5,945の公衆浴場施設中1,576施設においてレジオネラ属菌が検出されており[22]、健康被害が生じるおそれのある事例は多いと考えられる。

健康被害が発生した事例に絞ると、30年間で約130事例が収集されたが、微生物が原因の事例が圧倒的に多かった。死亡者が出たのは、1990年に埼玉県内の幼稚園で発生した腸管出血性大腸菌が原因の集団下痢症の1事例のみである。本事例では、園児およびその家族、職員等併せて319名が発症し、そのうち2名が死亡した。浄化槽の汚水タンクの破損部分より漏出した汚水が井戸に

浸入し、その汚染された井戸水を飲用したことが原因と推測されている [23]。実際に一部の井戸水試料より腸管出血性大腸菌が検出されている。本幼稚園の井戸は、埼玉県自家用水道条例の適用施設であったにもかかわらず、所轄の保健所に対して確認申請はなされておらず、消毒設備も有していなかった [24]。このように、飲用井戸・水道施設等の管理を著しく怠ると、死者が発生するような大惨事を引き起こすおそれがあることを肝に銘じておく必要がある。

死者が発生しなかった事例の中では、1996年埼玉県越生町で発生した水道水を介したクリプトスポリジウムによる集団下痢症が、最も健康影響人数の多かった事例である。本事例では塩素消毒は実施されていたにもかかわらず、越生町の町民の約7割にあたる8,800人以上が感

染したと推定されている [4]。クリプトスポリジウムは耐塩素性病原微生物として知られており、浄水処理で一般に実施される塩素消毒では不活化することが困難である [25]。浄水場の取水口の上流に農業集落排水処理施設の放流口が存在し、浄水場との間に汚染の循環が成立していたために汚染濃度が上昇してしまったという施設構造（計画）上の問題が原因の1つである [4]。また、当時は急速ろ過方式で運転が行われていたが、平常時は原水水質が良好であり、目視による判断によって凝集剤を適宜添加していたために、凝集沈殿・砂ろ過によるクリプトスポリジウムを含む濁度の除去が適切に行われなかったという操作上の問題も原因として指摘されている [4]。本事例の発生によって、塩素消毒のみでは飲料水の微生物学的安全性を担保できないことが改めて認識

表5 原因物質の内訳（過去30年間）

分類		全事例数	被害数*	分類		全事例数	被害数*
微生物	大腸菌	58	58	化学物質	油類	66	0
	カンピロバクター	25	25		農薬・殺虫剤	16	0
	赤痢菌	8	8		テトラクロロエチレン	12	0
	細菌 エルニシア	5	5		トリクロロエチレン	11	0
	サルモネラ	4	4		フェノール類	9	0
	エロモナス	4	4		ダイオキシン類	6	0
	レプトスピラ 他	5	4		有機化合物 トルエン	6	1
	原虫 クリプトスポリジウム	26	6		1,4-ジオキサン	5	0
	ジアルジア	14	2		四塩化炭素	5	0
	ウイルス ノロウイルス	6	6		ベンゼン	4	0
	ロタウイルス	1	1		PCB 他	21	0
	その他（真菌等）	2	0		ヒ素*****	26	1
	指標微生物**	10	5		シアン	12	0
	不明***	3	3		硝酸・亜硝酸	8	1
計		171	131		水銀	7	0
その他	濁度（濁水の発生を含む）	117	0	無機物質	マンガン	6	0
	汚水・工業用水等（混入）	21	2		六価クロム	5	0
	異臭味	8	0		ウラン	3	0
	残留塩素不足****	7	0		アルミニウム	3	0
	色度	3	0		フッ素 他	6	0
	pH異常 他	5	0		臭素酸	12	0
	計	161	2		消毒剤/消毒副生成物/不純物 塩素酸	10	0
	施設浸入・破壊	5	0		次亜塩素酸ナトリウム	5	2
原因物質なし	薬物混入未遂・予告	3	0		ホルムアルデヒド 他	4	0
	不審者による施設操作	1	0		その他（水処理薬品等）	8	2
	計	9	0	計		276	7

*健康被害が発生した事例数

**大腸菌群・一般細菌等の指標微生物のみが検出された事例

***微生物種は特定できなかったが、臨床症状から病原微生物が原因であると疑われた事例

****残留塩素の不足のみが発覚し、給水停止や飲用制限等に至った事例。残留塩素の不足等が原因で病原微生物が検出された事例は含まれていない。

*****有機ヒ素を含む

注）複数の原因物質が存在する事例の場合は、それぞれの原因物質をすべて計数している。

され、これ以降、水道原水に耐塩素性病原微生物の汚染のおそれのある国内の浄水場では、塩素消毒に加え、物理的に微生物を除去するためにろ過池の濁度管理が徹底され、また膜ろ過や紫外線処理が導入されていくこととなった [26]。病原微生物が原因の健康危機事例が近年減少しているが、このような対策が進んだことが減少理由の一つとして考えられる。

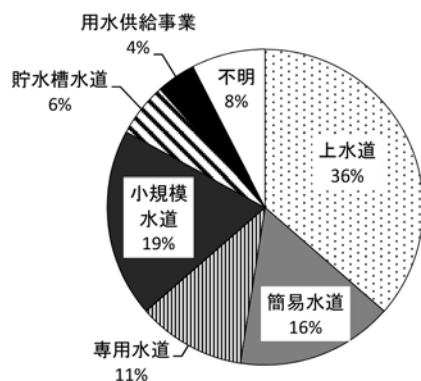
化学物質が原因の健康危機事例の場合、急性毒性の観点で問題となるほど高濃度の飲料水汚染が発生することは稀であり、明らかな健康被害が発生した事例は30年間で7件であった。このうち、最も深刻な健康被害が発生したのは、2000年代に茨城県神栖町（現 神栖市）で発生した飲用井戸水を介したヒ素中毒事件である。本事例の原因物質は有機ヒ素であるジフェニルアルシン酸であり、汚染された地下水に暴露された100名以上の住人に小脳性運動失調等の健康被害が見られている [27]。さらには、中低濃度暴露住民で自然流産の発生確率が高くなったと報告されている [28]。環境省等の調査によって、不法投棄されたジフェニルアルシン酸を高濃度に含むコンクリート様の塊が汚染源である可能性が極めて高いことがわかっている [29]。

諸外国で報告の多い、硝酸・亜硝酸性窒素が原因の健康被害事例は1件のみ収集された。本事例では、硝酸性窒素によって汚染された井戸水を調乳に用いたために、新生児1名がメトヘモグロビン血症を発症した[30]。井戸水中の硝酸性窒素濃度は36.2mg/Lであり、水道水質基準（亜硝酸性窒素との合計で10mg/L）を大きく超過していた [30]。主に生後5日～21日目にかけて暴露されたが、メチレンブルーの静注、リボフラビンの内服等による治療によって半年後には快復（正常化）した [30]。

3. 健康危機が発生した水道・水源の種類

図2, 3に過去30年間における水道・水源の種類別の健康危機事例数の割合を示す。収集された全健康危機事例数で見ると、上水道で健康危機の発生割合が高いが、健康被害が発生した事例に絞ると、専用水道や小規模水道での健康危機が多いことがわかる。このことは、上水道では相対的に水質管理体制が整備されており、健康被害に至らない水質異常について発見・報告できるケースが多いが、小規模な施設では、健康被害が明白になるまで水質異常を把握しにくく、また報告する体制も整っていないことを示唆している。また、水源についても、全

(a) 収集した全健康危機事例



(b) 健康被害が発生した事例

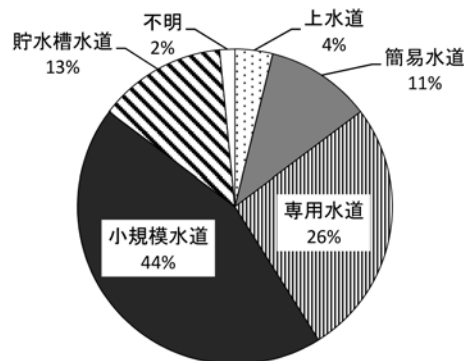
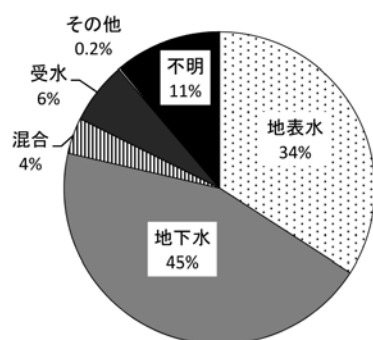


図2 過去30年間に健康危機が発生した水道の種類割合（事例数ベース）

(a) 収集した全健康危機事例



(b) 健康被害が発生した事例

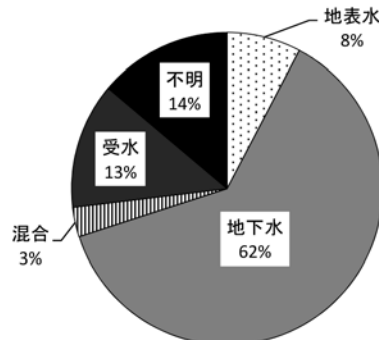


図3 過去30年間に健康危機が発生した水道の水源の種類割合（事例数ベース）

健康危機事例数で見ると、地表水・地下水の割合が高いが、健康被害が発生した事例に絞ると、地下水の割合が高いことがわかる。専用水道や小規模水道は地下水を水源とすることが多いことが知られており、我が国における飲料水を介した健康被害を減少させるためには、専用水道や飲用井戸等の管理を今後も徹底させていく必要があると考えられた。

4. 健康被害が発生した事例の発生要因(危害原因事象)

健康被害が発生した事例のうち発生要因を特定できた約80事例について、表6に示す通り、発生箇所別の要因の分類・集計を行った。発生箇所別に見ると、浄水過程における発生要因が最も多いが、流域・水源・取水や給配水過程における要因も少なくないことから、「水安全計画」の基本的な考え方となっている通り[5]、水源から給水栓に至る各段階で危害の評価・管理を実施することが、飲料水を介した健康危機事例の発生を抑制する上で重要であるといえる。

発生要因として最も多かったのは、浄水過程における消毒の不備である。特に専用水道や小規模水道において消毒の不備が原因の事例が多いことから、我が国における飲料水を介した健康被害を減少させるためには、このような小規模な施設において、消毒設備の適切な整備・管理・指導等をこれまで以上に実施することが不可欠と考えられた。

流域・水源・取水過程においては、ヒト糞便由来の汚染が多かったことから、下水配管や浄化槽等の管理を強化し、水道水源の汚染を減少させることも重要であると考えられる。また、降雨が原因で水道原水が汚染されたことによって健康被害が発生した事例も8件あり、今後は集中豪雨時の浄水処理技術の開発・確立等、気候変動への適応策の推進も求められるだろう。

給配水過程（貯水槽を含む）においては、破損箇所・漏水箇所等からの汚水の侵入やクロスコネクションが多かったが、表6に示した通り、様々な発生要因が存在している。特に貯水槽における水質汚染事故が多かったが、貯水槽水道はその管理に問題が多いことが従来から指摘されており[31]、設置者・管理者の意識・知識レベルの向上が今後も求められる。

5. 飲料水を介した健康危機によって生じた被害の定量的評価

図4、5に水道の種類および原因物質別の被害レベルの評価結果を示す。給水人口に対する過去30年間における健康危機事例の影響人数の比として定量的に評価値を求めた場合、健康被害であるカテゴリー1においては、上水道・簡易水道で小さく、専用水道・小規模水道で大きくなった。このことから、規模の小さい施設の管理を徹底していくことが飲料水を介した健康被害を減少させる上で不可欠であると改めて考えられた。上水道の場合、カテゴリー2、3の評価値に比べ、カテゴリー1の評価値が著しく低くなっているが、これは微生物が原因の健康危機が少ないためである。さらに、万が一健康影響が発生するおそれのある水質汚染が発生した場合も、給水停止や飲用制限等によって健康被害を回避する管理を実施しているためであると推測された。一方、カテゴリー2および3の評価値は他の水道に比べ比較的高い値となっており、社会生活への影響を考えると、大規模な施設においても、水質汚染を発生させないための水源管理や浄水処理等を実施していくことも重要である。また、専用水道においてはすべてのカテゴリーで評価値が高くなっており、適切な管理・監視手法について検討していく必要があると考えられる。

原因物質別に見ると、微生物はカテゴリー1の評価値

表6 健康被害が発生した事例の発生要因数（過去30年間）

流域・水源・取水		給配水過程（貯水槽を含む）	
ヒト糞便由来の汚染*	23	破損箇所・漏水箇所等からの汚水浸入	6
降雨	8	クロスコネクション	4
地震**	2	残留塩素不足***	3
畜産施設、野生動物からの汚染	1	ポンプ故障等による汚水等の混入	3
不法投棄	1	清掃不足	3
取水切り替えに伴う汚染	1	給配水管工事に伴う汚染	2
計	36	管理ミス等による薬品の過剰注入	2
浄水過程		受水切り替え時の汚染	1
消毒の不備	48	飲用用途外の水の飲用（誤飲）	1
凝集沈殿等その他の処理の不備	4	計	25
計	52		

*下水等の汚水や感染者の糞便等が水源に流入

**2011年の東日本大震災は解析の対象外とした。

***浄水過程における消毒には不備がなかったものの、貯水槽の管理等の問題で残留塩素が不足した事例注）複数の発生要因が存在する場合は、それぞれの要因をすべて計数している。

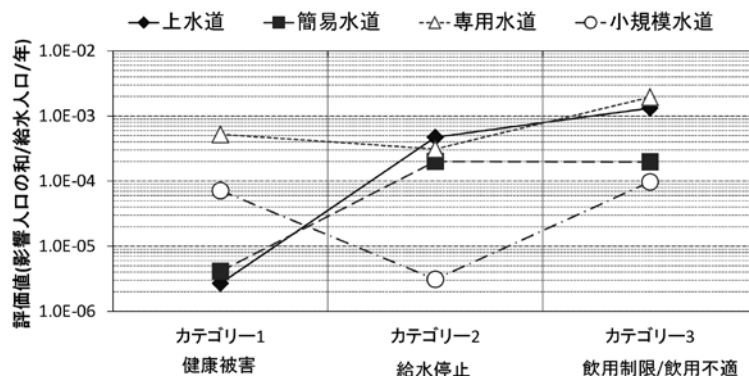


図4 水道種別の被害レベルの評価結果

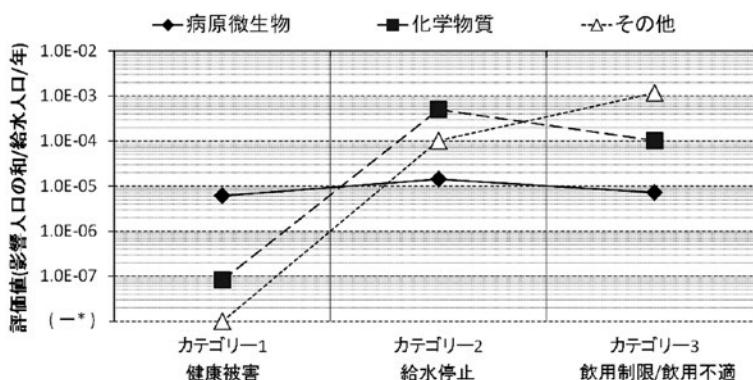


図5 原因物質別の被害レベルの評価結果 (※対象事例なし)

表7 我が国および米国, EUにおける飲料水を介した集団感染の発生状況

国・地域	日本	米国	EU
対象期間	1990-2010*	1990-2010*	1990-2005
事例収集方法	データベース等による検索+ サーベイランスシステム (1997年度以降)	サーベイランスシステム	データベース検索
発生頻度(事例数/総人口/年)	2.8×10^{-8}	4.3×10^{-8}	1.5×10^{-8}
影響度(被害者数/総人口/年)	6.8×10^{-6}	6.9×10^{-5}	9.5×10^{-6}
死者数	2	24**	1

*EUの報告に合わせて, 我が国および米国は1990年以降の事例を対象とした。また米国の報告は2010年までしか公開されていないことから, 我が国についても2010年までの事例を対象とした。

**Milwaukee市で発生したクリプトスポリジウムの集団感染事例による死者を含んでいない(50人以上の死者が発生したと推測されている)。

注) 米国の報告に合わせ, 感染者が2名以上発生した事例に絞っている。

が高く, 化学物質・その他の原因物質では, カテゴリー2, 3の評価値が高くなっている。直接的な健康影響が発生しやすい病原微生物の管理を実施していくことは当然のこと, 社会生活への影響も考慮して化学物質等によるリスクを評価・管理していくことも必要である。

6. 米国, EUとの比較

表7に我が国および米国, EUにおける飲料水を介した集団感染の発生状況を示す。我が国における飲料水を

介した集団感染の発生頻度は, 米国より低く, EUより高い結果となった。また, 総人口あたりの被害者数で評価した場合は最も低い値となっており, 米国, EUと比較して飲料水の衛生管理レベルが高く維持できていたと示唆された。一方, 本検討においては, 各国・地域における事例の収集方法が大きく異なっていることから, 正確な比較となっていないことに注意が必要である。クリプトスポリジウムの水系集団感染の国際的な発生傾向を調査した既往研究においても, 収集方法の問題から, 国

際比較が困難であると述べられており [32]，比較手法の検討も今後実施する必要があると考えられる。

IV. 結論

本研究では，我が国における飲料水を介した健康危機の発生実態および課題を明らかにすることを目的に，過去30年間に発生した健康危機情報を収集し，また収集された事例の解析を行った。その結果，我が国では地下水を水源とする専用水道や飲用井戸等の小規模の水道施設において健康被害を伴う水質事故が高頻度で発生しており，主要な発生要因は消毒の不備であったことから，我が国の飲料水を介した健康リスクを減少させるためには，小規模施設の適切な衛生管理手法について今後検討していく必要があると考えられた。一方，上水道等の大規模な施設においても社会生活への影響が大きい，給水停止や飲用制限を伴う水質事故の発生頻度は低くないことから，水質汚染を発生させないための水源管理等を進めていくことが重要である。また，米国およびEUと比較した結果，我が国の飲料水の衛生管理レベルは高く維持できていたと示唆されたが，より正確な比較を行うために，比較手法についても今後検討していく必要がある。

謝辞

健康危機事例の収集にご協力いただいた保健所，厚生労働省健康局水道課の関係者の方々に深く感謝する。

引用文献

- [1] 厚生労働省健康局水道課. 平成25年度全国水道関係担当者会議資料2014.3.13. <http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/stf/seisakunitsuit/bunya/topics/bukyoku/kenkou/suido/tantousya/2013/02.html> (accessed 2015-02-03)
- [2] Cicirello HG, Kehl KS, Addiss DG, Chusid MJ, Glass RI, Davis JP, Havens PL. Cryptosporidiosis in children during a massive waterborne outbreak in Milwaukee, Wisconsin: clinical, laboratory and epidemiologic findings. *Epidemiol Infect.* 1997;119(1):53-60.
- [3] Widerstrom M, Schonning C, Lilja M, Lebbad M, Ljung T, Allestam G, Ferm M, Bjorkholm B, Hansen A, Hiltula J, Langmark J, Löfdahl M, Omberg M, Reuterwall C, Samuelsson E, Widgren K, Wallensten A, Lindh J. Large outbreak of *Cryptosporidium hominis* infection transmitted through the public water supply, Sweden. *Emerg Infect Dis.* 2014;20(4):581-589.
- [4] 埼玉県衛生部. クリプトスポリジウムによる集団下痢症—越生町集団下痢症発生事件—報告書. 1997.
- [5] 厚生労働省健康局水道. 水安全計画について. 2008.5. <http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/topics/bukyoku/kenkou/suido/suishitsu/07.html> (accessed 2015-02-09)
- [6] 山田俊郎，秋葉道宏，浅見真理，島崎大，国包章一. 我が国における飲料水健康危機事例の分析. 環境工学研究論文集. 2008;45:563-570.
- [7] 厚生労働省健康局. 飲料水健康危機管理実施要領. 1997.3. <http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/topics/bukyoku/kenkou/suido/kikikanri/inryo.html> (accessed 2015-02-03)
- [8] 厚生労働省健康局水道課ホームページ. 水道関係の事故事例. <http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/topics/bukyoku/kenkou/suido/jouhou/accident.html> (accessed 2015-05-08)
- [9] 小窪和博，秋葉道宏. 飲料水健康危機事例集. 厚生労働科学研究費補助金健康安全・危機管理対策総合研究事業「地域健康安全・危機管理システムの機能評価及び質の改善に関する研究」(研究代表者：多田羅浩三. H23-健危-一般-001) 平成24年度分担研究報告書(別冊). 2013.
- [10] 地方衛生研究所ネットワーク. <http://www.chieiken.gr.jp/> (accessed 2015-02-04)
- [11] 国立感染症研究所. 病原微生物検出情報(ISAR). <http://www.nih.go.jp/niid/ja/iasr.html> (accessed 2015-02-09)
- [12] JDream III. <http://jdream3.com/> (accessed 2015-02-04)
- [13] J-STAGE. <https://www.jstage.jst.go.jp/> (accessed 2015-02-04)
- [14] ヨミダス歴史館. <https://database.yomiuri.co.jp/rekishikan/> (accessed 2015-02-04)
- [15] Google. <https://www.google.co.jp/> (accessed 2015-02-04)
- [16] 金子光美，編著. 水道の病原微生物対策. 東京：丸善；2006.
- [17] 国包章一，研究代表者. 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」(H17-特研-027) 平成17年度総括・分担研究報告書. 2006.
- [18] 日本水道協会. 平成22年度水道統計 施設・業務，編. 東京. 日本水道協会. 2012.
- [19] Centers for Disease Control and Prevention. Surveillance reports for drinking water-associated disease & outbreaks. <http://www.cdc.gov/healthywater/surveillance/drinking-surveillance-reports.html> (accessed 2015-02-06).
- [20] Risebro HL, Doria MF, Andersson Y, Medema G, Osborn K, Schlosser O, Hunter PR. Fault tree analysis of the causes of waterborne outbreaks. *J Water Health.* 2007; 5 (Suppl 1): 1-18.
- [21] 厚生労働省健康局水道課. 健康危機管理の適正な実施並びに水道施設への被害情報及び水質事故等に関する情報の提供について(健水発1025第1

- 号). 2013-10-25. <http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-10900000-Kenkoukyoku/0000046613.pdf> (accessed 2015-02-09)
- [22] 厚生労働省健康局生活衛生課. 入浴施設におけるレジオネラ症防止対策の調査結果. 2003.3.31. <http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/legionella/030331-1.html> (accessed 2015-05-08)
- [23] 奥山雄介, 洲上博司, 倉園貴至, 山田文也. 1990年10月埼玉県浦和市のS幼稚園に発生した腸管出血性大腸菌O157:H7による集団下痢症. 病原体検出情報. 1992;13:152.
- [24] 埼玉県衛生部. 腸管出血性大腸菌による幼稚園集団下痢症—S幼稚園集団下痢症発生事件—報告書. 埼玉. 埼玉県衛生部. 1991.
- [25] Korich DG, Mead JR, Madore MS, Sinclair NA, Sterling CR. Effects of ozone, chlorine dioxide, chlorine, and monochloramine on *Cryptosporidium parvum* oocyst viability. Appl Environ Microbiol. 1990;56(5):1423-1428.
- [26] 厚生省生活衛生局水道環境部長. 水道水中のクリプトスポリジウムに関する対策の実施について(衛水第248号). 1996.10.04.
- [27] 石井一弘, 玉岡晃. 有機ヒ素中毒の10年—ジフェニルアルシン酸中毒の疫学・臨床・代謝. BRAIN and NERVE. 2015;67:5-18.
- [28] 緒方剛, 中村好一, 圓藤吟史, 林朝茂, 本田靖. 飲用井戸水のジフェニルアルシン酸曝露後の自覚症状と流産. 日本公衆衛生雑誌. 2014;61:556-564.
- [29] 環境省, 茨城県神栖市. ジフェニルアルシン酸による健康影響について～茨城県神栖市における有機ヒ素化合物汚染～(改訂第2版). 2012.03. <http://www.env.go.jp/chemi/report/h26-03/02-1203.pdf> (accessed 2015-02-17)
- [30] 田中順子, 堀米仁志, 今井博則, 森山伸子, 齊藤久子, 田島静子, 中村了正, 滝田齊. 井戸水が原因で高度のメトヘモグロビン血症を呈した1新生児例. 小児科臨床. 1996;49:1661-1665.
- [31] 早川哲夫, 研究代表者. 厚生労働科学研究費補助金健康科学総合研究事業「貯水槽施設, 特に未規制の小規模施設の実態把握と設置者を対象とする管理運営マニュアルの策定に関する研究」(H17-健康-026) 平成17年度総括研究報告書. 2006.
- [32] Baldursson S, Karanis P. Waterborne transmission of protozoan parasites: review of worldwide outbreaks - an update 2004-2010. Water Res. 2011;45:6603-6614.