

令和4年度市町村等水道担当者連絡会 特別講演

小規模水供給施設における衛生問題  
と微生物的安全確保

京都大学大学院工学研究科  
伊藤 禎彦

ホテル白鳥(島根県松江市)  
2022年10月26日

## 講演構成

- \* 地元管理されている小規模水道の実態と課題
- \* 小規模水供給システムにおける現実的な水質管理へむけて
- \* 小規模水道・水供給施設と塩素酸イオン
- \* 小規模水供給システムにおける限定的な情報に基づく飲料水の安全確保法
- \* 未規制ハロ酢酸をめぐって

# 地元管理されている小規模水道の実態と課題

## 地元管理されている水供給システム訪問市町村

2017年～2022年

- ・ 北海道 富良野市
- ・ 青森県 五戸町、新郷村
- ・ 福島県 西郷村
- ・ 長野県 松本市
- ・ 静岡県 静岡市
- ・ 愛知県 設楽町
- ・ 滋賀県 長浜市
- ・ 京都府 福知山市
- ・ 奈良県 十津川村
- ・ 広島県 広島市、安芸太田町
- ・ 高知県 いの町、本山町、大豊町

## 調査内容

### 1. 管理体制

- ・ 水道施設の設置主体、設置経緯、および補助金の出処
- ・ 管理組織の構成
- ・ 管理組織のルール、管理上守られている長年の習慣、慣習等
- ・ 行政による設備管理に必要な教育の有無、使用教材
- ・ 施設・設備の権利関係等の情報
- ・ 施設管理が可能な図面の存否
- ・ 保健所による管理との関係

### 2. 運営面

- ・ 運営主体である住民の持ち回り体制
- ・ 維持管理費の負担額、水道料金の設定方法
- ・ 管理記録の存否を含む管理実態
- ・ 水質管理体制  
水道水質基準遵守からみた水質管理の困難性

### 3. 将来見通しとその課題

- ・ 行政の立場からみた将来見通し・課題
- ・ 地元管理組織の立場からみた将来見通し・課題  
利用者としての満足度やニーズ・要望
- ・ 行政としての支援方法と支援制度  
今後、必要と考える制度／しくみ
- ・ 技術面でのニーズ・課題  
浄水処理装置、水質基準の緩和措置、など

## 厚生労働科学研究

平成29年度～令和元年度

- 小規模水供給システムの安定性及び安全性確保に関する統合的研究

研究代表者：国立保健医療科学院 浅見真理

令和2年度～4年度

- 小規模水供給システムの持続可能な維持管理に関する統合的研究

研究代表者：国立保健医療科学院 浅見真理

## 報告書

伊藤禎彦, 堀さやか: 住民との連携による水供給システムの維持管理手法とそれらの知見共有方策に関する検討、平成30年度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) 小規模水供給システムの安定性及び安全性確保に関する統合的研究(H29-健危-一般-004) 総括研究報告書, pp. 82-89, 2019.3

伊藤禎彦, 堀さやか: 地元管理されている小規模水道の実態と課題、平成31年度(令和元年度)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) 小規模水供給システムの安定性及び安全性確保に関する統合的研究(H29-健危-一般-004) 分担研究報告書, pp. 108-141, 2020.3

伊藤禎彦, 曾潔, 武藤陽平: 小規模水供給施設における衛生問題と微生物的安全確保法、令和2年度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) 小規模水供給システムの持続可能な維持管理に関する統合的研究(20LA1005) 分担研究報告書, pp.3-1-3-15, 2021.3.

伊藤禎彦, 曾潔: 小規模水供給施設の管理実態と課題、令和3年度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) 小規模水供給システムの持続可能な維持管理に関する統合的研究(20LA1005) 分担研究報告書, pp.3-1-3-13, 2022.3.

**\*住民による管理が困難または限界に達している事例**

奈良県 十津川村  
京都府 福知山市  
長野県 松本市

**\*持続可能な水供給システムを目指し精力的に取り組まれている事例**

静岡県 静岡市

**\*水供給形態が持続可能な形で成立している好例**

北海道 富良野市  
愛知県 設楽町

**\*社会ニーズにマッチした新技術を創出することに成功した事例**

高知県 いの町、大豊町



# 奈良県 十津川村

田戸(たど)  
地区  
飲料水  
供給施設

導水管 径50 mm, 長さ1100 m



- 戸数9
- 給水人口13人
- 料金1000円定額

普通沈殿池—緩速ろ過池  
だが、20年前に  
ろ過砂撤去



地元管理はもはや限界

ろ過マット



塩素  
注入  
設備  
(通常、使用  
されず)



# 京都府 福知山市

“**山水**”と呼ばれる

## 奥北原地区

5軒に配水するものとして整備されたが、現在は2軒のみ

## 上向流式緩速ろ過装置と配水池



塩素注入設備なし  
水源地からすべて自然流下で地域内に配水（水源地未視察）



えのき谷 取水施設

## 集水タンク

上向流で木炭でろ過する仕組み

1軒へ配水するための施設



## 口北原地区

常時居住しているのは5軒、農作業のため帰宅する家を含めると9軒。



渓流水の取水施設(ポリ管。先端には蓋が取り付けられており、側面が多孔構造になっているもの)



配水池  
(塩素注入設備はない)

# 京都府 福知山市

“山水”と呼ばれる

## 奥北原地区

5軒に配水するものとして整備されたが、現在は2軒のみ

## 上向流式緩速ろ過装置と配水池



塩素注入設備なし  
水源地からすべて自然流下で地域内に配水（水源地未視察）

浄水処理装置を導入したばかりに...



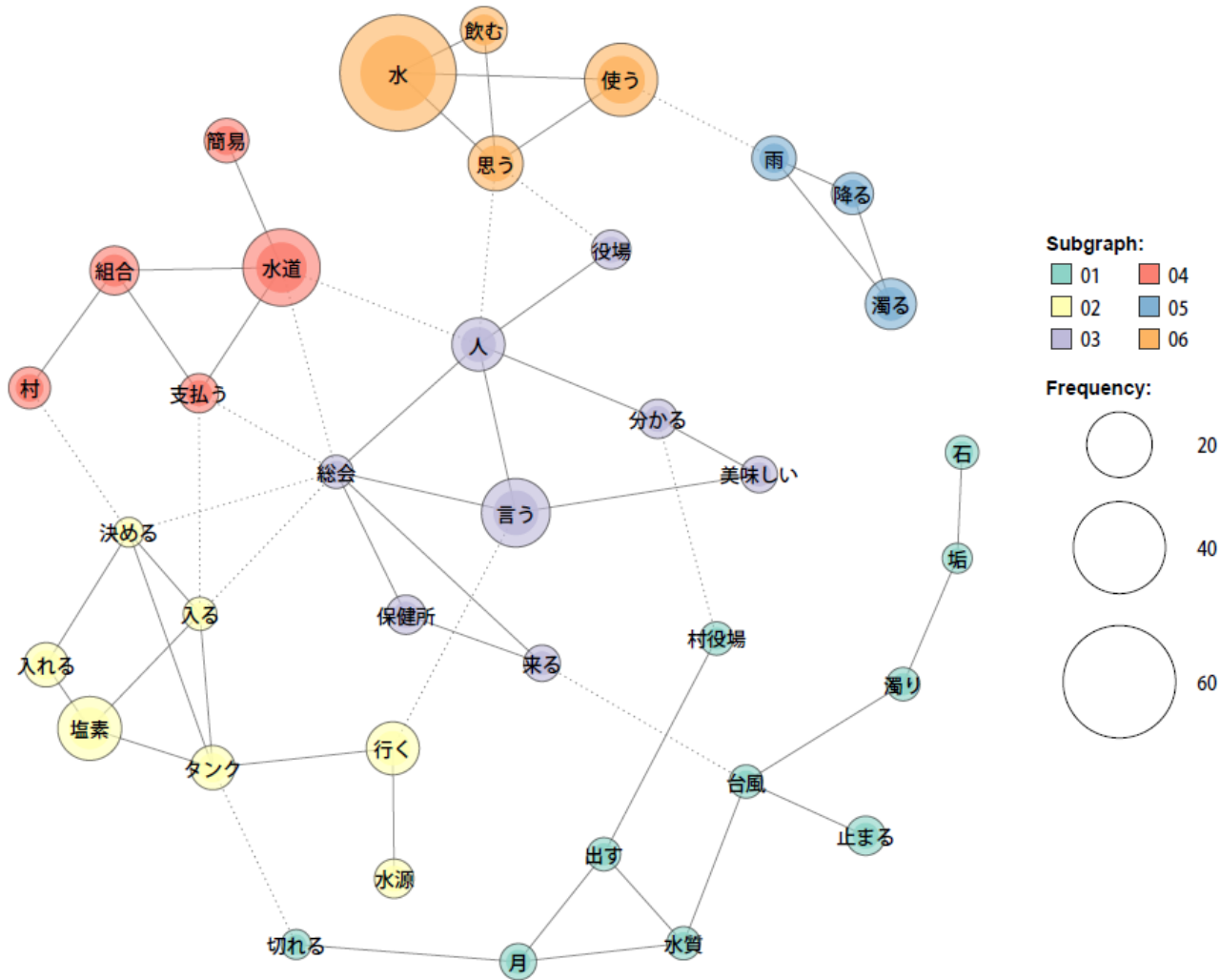
えのき谷 取水施設

上向流で木炭でろ過する仕組み

1軒へ配水するための施設



# 住民の意識構造の可視化



## 頻出語の共起ネットワーク(十津川村の調査より)

Sayaka Hori, Sadahiko Itoh: Small water supplies and local ordinance with population decline (人口減少に伴う小規模水道事業と条例), The 11<sup>th</sup> International Symposium on Water Supply Technology in Yokohama Proceedings, p.78, 2019.7.

- **地域自律管理型水道が持続的に運営されている成功事例あり**

文献：

牛島健、石井旭、福井淳一、松村博文：実態調査に基づいた人口減少地域における地域自律型水インフラシステムの可能性、土木学会論文集G(環境)(環境工学研究論文集第55巻), Vol. 74, No. 7, III\_143-III\_152, 2018.

# 北海道 富良野市

## 鳥沼専用水道施設

給水世帯数79戸，給水人口327人



集水管



配水池  
位置



滅菌装置  
+  
ポンプ



“湧水” 多い！



# 第3回地域ぐるみの小規模水道管理システム実証報告会 (2019. 11)



北海道富良野高等学校



高校生が作成した管路図面

## 住民による持続的な管理が可能であるための要件

- 1) 住民管理によって低コストが実現している。また、管理すべき施設自体もシンプルである。
- 2) 水量・水質上の一定の不都合が許容されている。このため事後対応が可能である。
- 3) 農村の互助のスキームと調和しており、発生する作業が受容されている。また、水道維持管理に必要な作業スキルや道具立てが存在し、組合内で対応可能である。

## ま と め

- \* 他地域で住民の参画を得つつ水道を支える体制づくりを試みる場合に参考にすべき点が多い。
- \* この際、都道府県や市町村が実施可能な連携や支援方を構築していく必要。
- \* さらには、現行制度の課題を整理するとともに、上記内容の円滑実現に必要な支援制度やしくみが必要。

したら  
**愛知県設楽町 未普及地域の事例**

おきこま うらだに  
未普及地域：沖駒地区：42戸72人、裏谷地区：8戸23人、  
その他散在

上水道接続のための基礎調査実施  
→ 事業費12億円。3,000万円/戸相当。

各戸井戸を新設する方針を選択  
「設楽町飲料水安定確保対策事業補助金交付要綱」策定(H21)

補助金上限278万円＝上限300万円－上水道加入負担金22万円(口径13mm)

更新も補助対象：10年以上経過したポンプ設備など  
機械の不具合が生じた場合

ランニングコストの補助は行わず  
注入塩素、水質検査にかかる経費は住民負担  
← 実施されていない



沖駒地区において個別設置された深井戸



周辺の様子

## 水供給形態が持続可能な形で成立している好例

### 条 件

- ①住民は上水道接続が現実的でないことを理解し、個別井戸の新設を受け入れている。
- ②水源地や浄水処理装置の維持管理といった住民自ら行うべき作業がなく、水利用の継続性に懸念要素がない。
- ③町は、個別井戸の新設を補助するとともに将来の修繕等にも対応するとしており、住民は安心できている。

**課題：消毒の取り扱い**

# 社会ニーズにマッチした新技術を創出することに成功した事例

高知県 中山間振興・交通部 **鳥獣対策課**において

「**高知県版生活用水モデル開発事業**」ヒアリング

(**中山間地域対策課**が推進したが、令和4年度から**鳥獣対策課**に  
担当課変更)

## 直面していた課題

- ①取水装置（スクリーン）やろ過施設の多くは、県外メーカーによるものだが、高額である。
- ②少数世帯対象の製品がない。
- ③操作方法が高齢者には難しかったり、清掃時の作業に危険が伴う恐れ。
- ④県外にお金が出流してしまう。

平成26年度、委託業務を実施（プロポーサル方式）

委託内容は、**取水施設**と**ろ過施設**の製作

# 大豊町: 津家地区<sup>つけ</sup>

配水戸数7戸、給水人口15人

事業費 3,310千円

県補助 2/3(整備当時の割合, 上限3,000万円)

町補助 1/3

住民負担 各戸10.8万円(×7戸=75.6万円)

水道料金 1,000円/月の定額

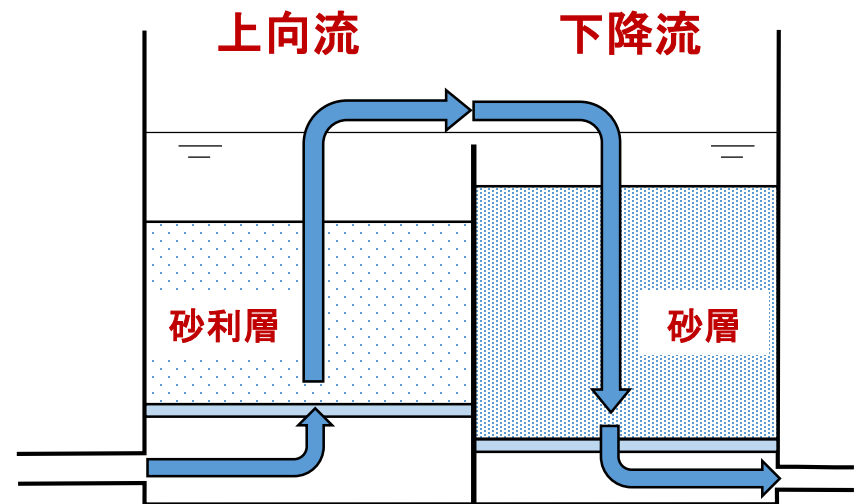
但し、使用水量30 m<sup>3</sup>/月未満なら無料

砂利層



砂層

## 新規開発された簡易緩速ろ過装置



**極小規模:**

浄水能 3 ~ 6 m<sup>3</sup>/日 (ろ速4~8 m/日に対応)

## 逆流洗浄 実施



人が手を入れ、表層砂をかき混ぜる操作



簡易緩速ろ過装置本体



逆流洗浄管

塩素注入設備



配水池



浄水処理装置



塩素注入のための小屋新設

塩素貯留槽への塩素の補充は設置業者が行っている。



## 考察・コメント

### (1) 新技術の創出と県の役割について

「高知県版生活用水モデル開発事業」のもと、プロポーザル方式によって県内企業に対して施設・装置の製作を委託。県は、中山間地域におけるニーズを把握し、開発されるべき技術を具体的に提示。

これによって、企業としては、求められた施設・装置を開発すれば、少なくとも県内各所に納品できビジネスが展開できるという見通しを得ることができ、新規開発に着手することができた。実際、県による本事業がなければ、新規開発されることはなかった。

このように、高知県が推進した事業は、社会ニーズにマッチした新技術を創出することに成功している。高知県が果たした役割はきわめて大きい。本装置は、極小規模、メンテナンスが容易、低コストといった、各地の小規模集落のニーズ(下記文献参照)に対応できる新技術。広く普及していくのが望ましい。

## 考察・コメント

### (2) 水供給システムの整備と塩素消毒について

浄水処理装置の新設を含む水供給システムの整備は、高知県と町役場の補助事業であるにもかかわらず、塩素消毒が要件とされていない。

水道部局や衛生部局が担当していないことから、塩素消毒の強制が回避されているとみることができる。

### (3) “最終消毒装置”としての極小規模浄水処理装置の性能について

引き続き塩素消毒を行う予定がないことから、たとえば前出の2槽式緩速ろ過装置は“最終消毒装置”とみなすこともできる。

欧州では、最終プロセスが緩速ろ過であることがしばしばある。そして、オランダでは、緩速ろ過処理は最終消毒処理プロセスであるとみなされている。このため緩速ろ過処理による微生物の除去・不活化能が丹念に調査研究されている。

新規に開発された2槽式緩速ろ過装置も、懸濁物質の除去だけではなく最終消毒装置としての役割も有することから、その微生物に対する除去性能を定量的に表示できることが望ましい。

# 小規模水供給システムにおける現実的な 水質管理へむけて

## 水質基準体系

- \* 水質基準 51項目
- \* 水質管理目標設定項目 27項目（農薬120項目）
- \* 要検討項目 45項目

## 要件

- ✓ 項目
- ✓ 濃度
- ✓ 検査頻度（毎日、毎月、年4回、年1回、3年に1回）
- ✓ 採水地点および地点数
- ✓ 検査方法（公定検査法）

# 水質基準の緩和措置または柔軟な運用

案のいくつか・・・

👉 検査頻度の緩和

👉 検査検体数の低減

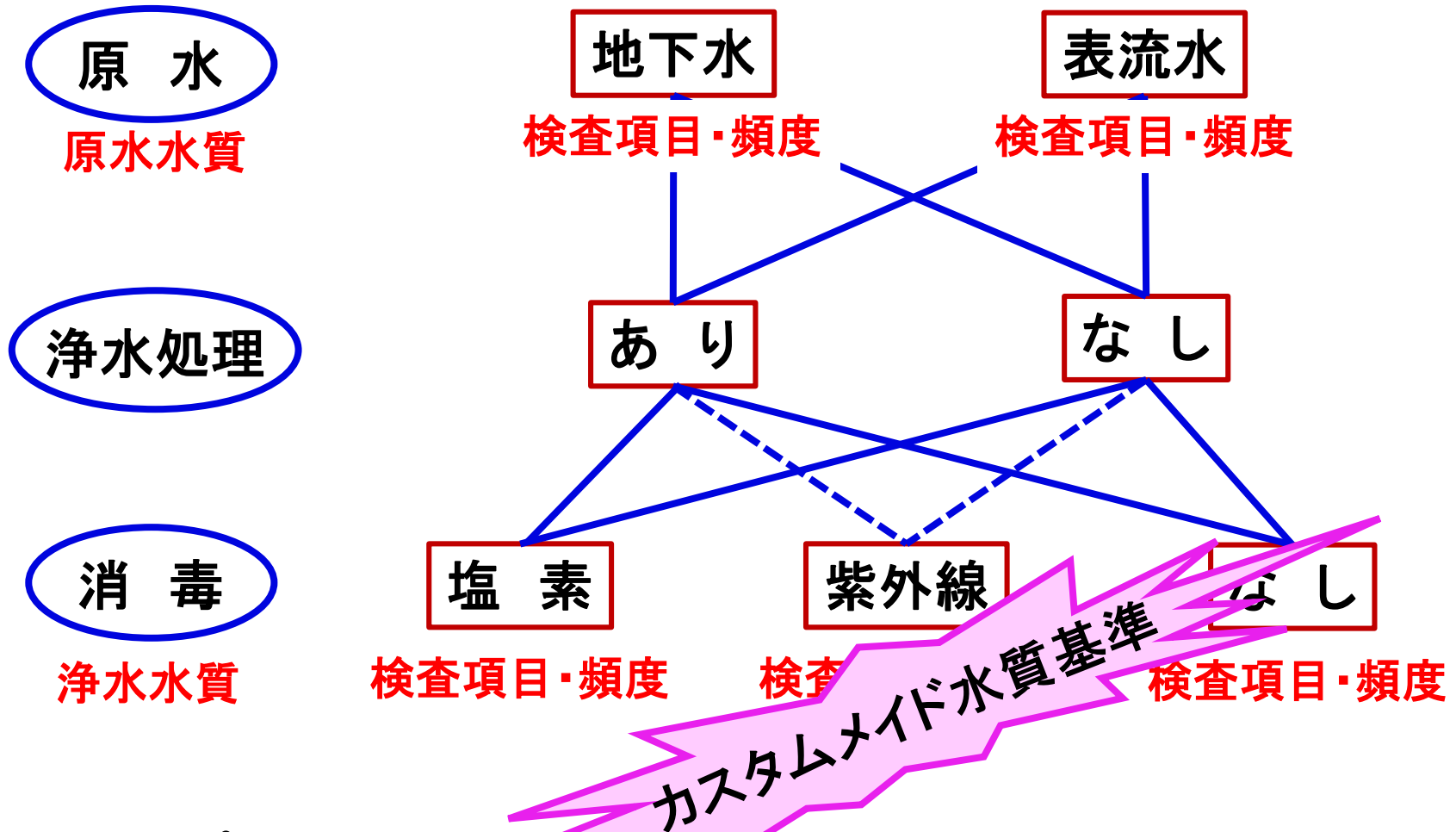
検体を集約した混合検体の検査も可とする  
(米国：5事業体までの集約を認めている)

👉 水質判定の緩和

測定数の90%が基準値を超えなければよい、など

文献：・National Research Council著、浅野孝、眞柄泰基監訳、財団法人水道技術研究センター訳、1999. 安全な水道水の供給 小規模水道の改善. 技報堂出版. 222p.  
・竹中勝信：諸外国における小規模水道事業の現状と課題—アメリカ合衆国—、水道、Vol.56, No.1, 2011; Vol.56, No.2, 2011; Vol.56, No.3, 2011; Vol.56, No.4, 2011; Vol.56, No.5, 2011; Vol.56, No.6, 2011; Vol.57, No.2, 2012; Vol.57, No.3, 2012.

# 課題：小規模水道における現実的な水質管理



研究的アプローチ：微生物に関する項目はむしろ拡充し、**定量的微生物リスク管理手法 (Quantitative Microbial Risk Assessment; QMRA)**をコンセプトとする。

# 小規模水道・水供給施設と塩素酸イオン

厚生労働省水質基準逐次改正検討会：資料3 水道における塩素酸への対応について、2021年6月30日

厚生労働省水質基準逐次改正検討会：資料4 旧簡易水道地域における塩素酸の水質基準超過及び対応例、2021年6月30日

**水質基準 0.6 mg/L**

**薬品基準 0.4 mg/L**

**・水質基準に関する省令の一部改正等における留意事項  
について**

**(H19.11.15厚生労働省健康局水道課長通知)**

**購入時、保管時、注入時における留意事項を記載**

**・日本水道協会「水道用次亜塩素酸ナトリウムの取り扱い  
等の手引き(Q&A)」(H20)**



# 塩素酸イオン(基準値 0.6 mg/L)

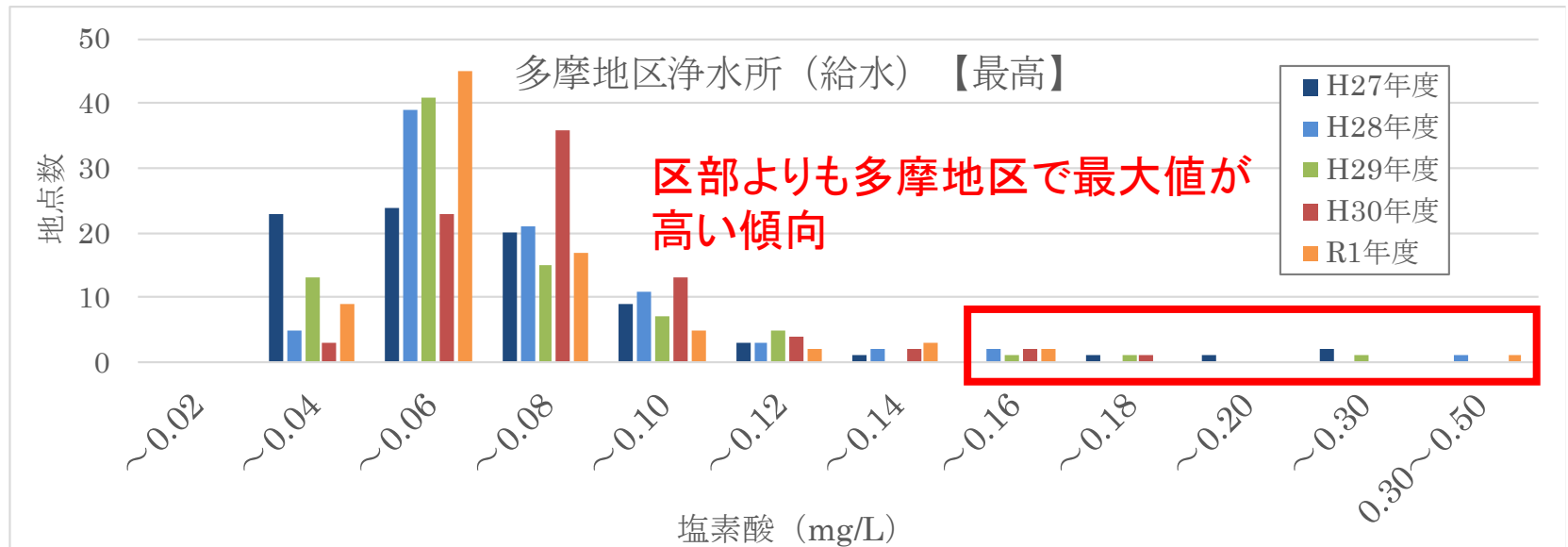
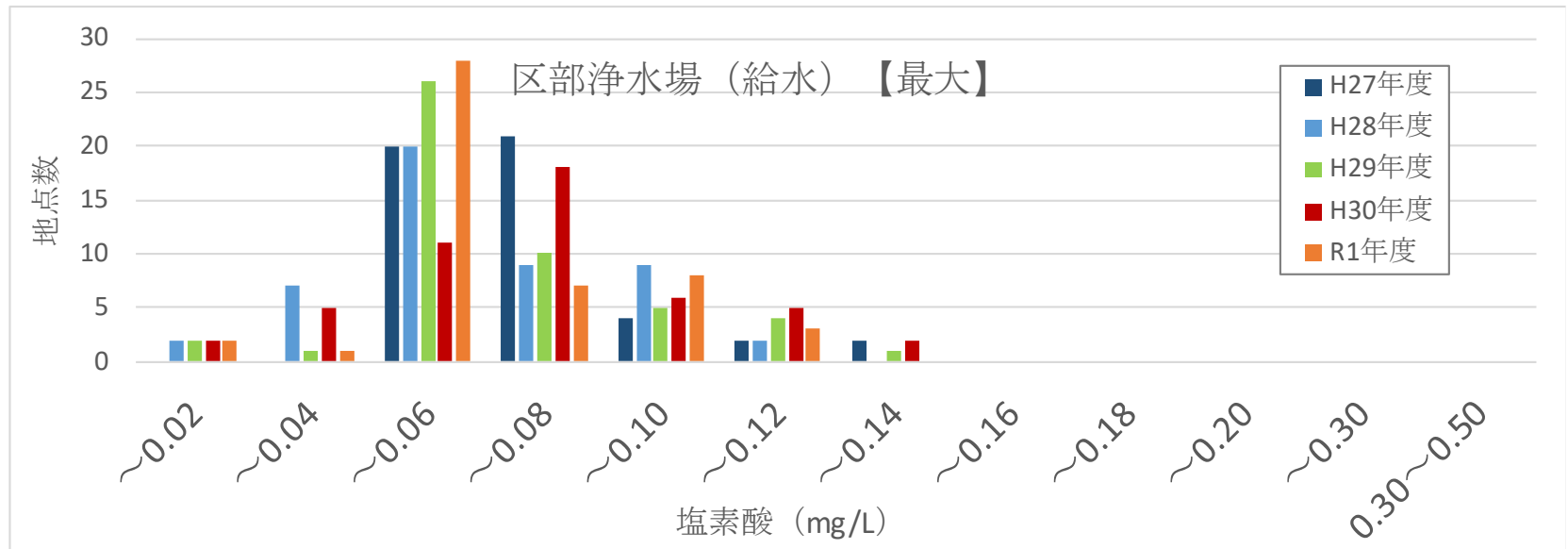
令和2年度第1回水質基準逐次改正検討会  
(2021年1月26日) 資料1参考2 抜粋

	2015年度			2016年度			2017年度			2018年度			
	調査 地点数	超過 地点数	超過 割合	調査 地点数	超過 地点数	超過 割合	調査 地点数	超過 地点数	超過 割合	調査 地点数	超過 地点数	超過 割合	
対 基準値	6,174	5	0.1%	6,627	<b>+1,727</b>	%	8,354	8	0.1%	8,653	6	0.1%	
対50% 値	6,174	194	2.9%	<b>6,627</b>	<b>194</b>	2.9%	<b>8,354</b>	<b>307</b>	3.7%	8,653	319	3.7%	
対10% 値	6,174	2,954	50.0 %	6,627	3,314	50.0	<b>+113</b>	54	4,326	51.8%	8,653	4,630	53.5%
							<b>6.5%</b>						

旧簡易水道のような小規模施設において、  
高濃度が出現しやすい傾向

# 塩素酸の検出濃度分布

(東京都水道局)



# 旧簡易水道地域における塩素酸の基準超過

給水人口 : 約400人  
施設能力 : 約200m<sup>3</sup>/日  
採水日時 : 平成29年9月15日  
塩素酸濃度 : **0.73mg/L**  
(水質基準**0.60mg/L**)



## 原因

- ・ **次亜貯蔵槽に継足方式**で補充
- ・ 原液中の塩素酸濃度は約15,000mg/kg
- ・ 次亜分解により原液中の有効塩素濃度低下  
→次亜の注入量増

### <背景>

- ・ 簡易水道事業統合時 (H29.4) の局内管理部署の変更及び委託業者の変更

## 対策

- ・ 空調機の設置
- ・ 夏季前と夏季後に、貯蔵槽を空にすることを指示 (下水道未接続のため、廃液は持帰り処分)

## しかし今年度も塩素酸 **0.39mg/L**

- ・ 委託業者の作業徹底
- ・ 監督職員の水質知識の取得

# 広島市安佐北区 宇津(うづ)簡易水道組合

給水戸数32~33戸、給水人口74~75人

## 砂防堰堤



原水  
他に、湧き水 (“ヨコ水” と呼ばれる) あり

## 普通沈殿池



## 緩速ろ過池



## 塩素貯留槽



1回/月程度の頻度  
で塩素継ぎ足し

# 奈良県 十津川村

- ・ 戸数9  
給水人口13人
- ・ 料金1000円定額

普通沈殿池—緩速ろ過池  
だが、20年前に  
ろ過砂撤去



月1回、試料水を水  
質検査センターへ送  
付するときだけ注入

ろ過マット



塩素  
注入  
設備



# 塩素酸イオン ( $\text{ClO}_3^-$ )

基準値 0.6 mg/L

WHO

2016年、毒性評価を変更

TDI : 30  $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{day})$  → 11  $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{day})$ へ

評価値の試算値 : 0.2 mg/L

実態調査結果等:

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、化学物質等の検出状況を踏まえた水道水質管理のための総合研究 研究報告書 令和元(2019)年度、pp.254-263, 2020.

# 「飲用井戸等衛生対策要領」

定期水質検査項目：**11項目**

- 一般細菌、大腸菌
- 亜硝酸態窒素、硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素塩化物イオン
- 全有機炭素(TOC)
- pH
- 味、臭気
- 色度、濁度
- 塩素酸イオン**



水道産業新聞社  
大阪本社 電話06-6322-3833 FAX06-6321-3833  
〒59-0012 大阪府北区豊崎 2-7-5  
東京本社 電話03-3438-7644 FAX03-3438-0025  
〒105-0001 東京都港区西新橋 2-5-2

水を守り 水を活かす

2021. 7.5

## 次亜の管理 徹底呼びかけ

水質基準逐次改正検討会 塩素酸の基準値超過見られ

厚労省 厚労働省による水質基準逐次改正検討会(座長「松井謙」北摂道大学大学院教授)の今年度第1回がオオサカで開かれた。▽農薬の使用の目録の見直し▽農薬計量器具の定期検査▽塩素酸への対応について話題となった中で、塩素酸に注目。近年、塩素酸の基準値を超過する本道事業者が報告され、多くは次亜塩素酸ナトリウムの適切な管理がなれていないことが原因である。この議題を定めたのは、夏を迎えるの時期、改めて取り扱った管理の大切とされる。今回は、この議題を定めたのは、夏を迎えるの時期、改めて取り扱った管理の大切とされる。今回は、この議題を定めたのは、夏を迎えるの時期、改めて取り扱った管理の大切とされる。

厚労働省による水質基準逐次改正検討会(座長「松井謙」北摂道大学大学院教授)の今年度第1回がオオサカで開かれた。▽農薬の使用の目録の見直し▽農薬計量器具の定期検査▽塩素酸への対応について話題となった中で、塩素酸に注目。近年、塩素酸の基準値を超過する本道事業者が報告され、多くは次亜塩素酸ナトリウムの適切な管理がなれていないことが原因である。この議題を定めたのは、夏を迎えるの時期、改めて取り扱った管理の大切とされる。今回は、この議題を定めたのは、夏を迎えるの時期、改めて取り扱った管理の大切とされる。

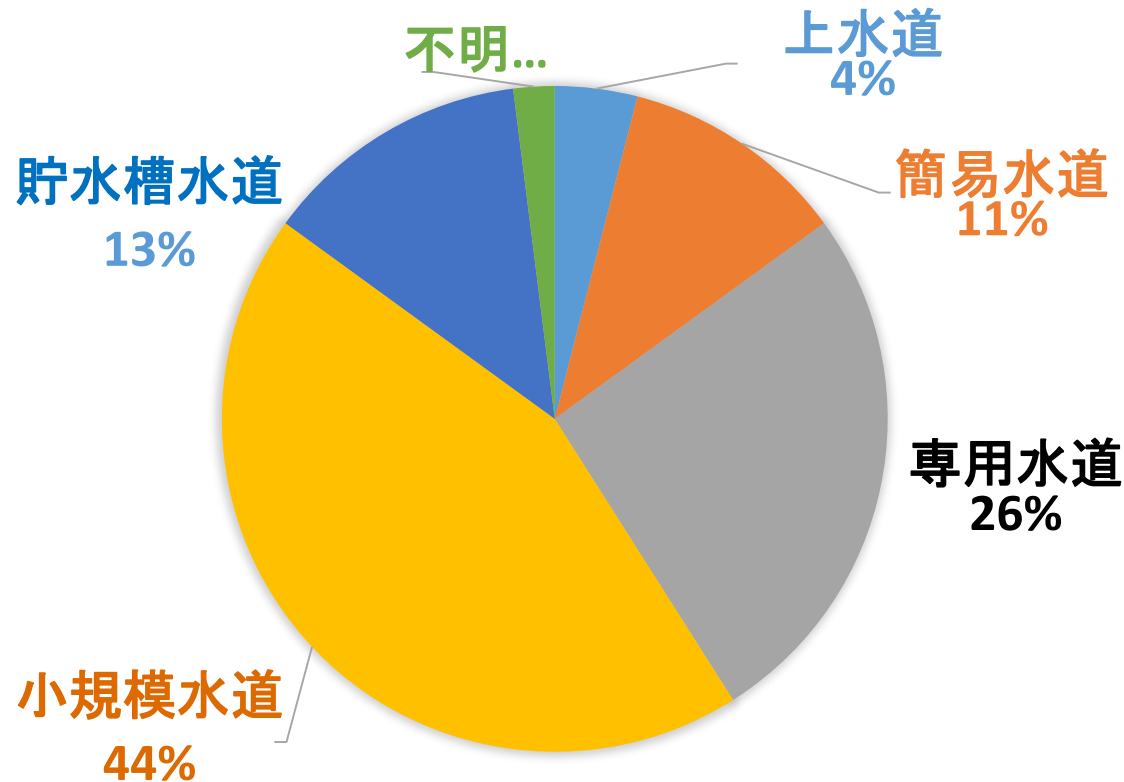
**KURIMOTO**  
**耐震NS形ソフシール仕切弁**  
耐震管路の構築に 両受口・受挿し仕様

株式会社 栗本鐵工所 HARBUSシステム事業部  
TEL 本社 06-6538-7661 東京支社 03-3450-8520

# 小規模水供給システムにおける限定的な 情報に基づく飲料水の安全確保法



# 過去30年間(1983~2012年)に健康被害が発生した事例 (事例数ベース)



岸田直裕ら,保健医療科学,64(2),70-80,2015.

# 健康被害を引き起こした原因微生物の内訳 (1983~2012年の過去30年間)

分類		全事例数	被害数*
細菌	大腸菌	58	58
	カンピロバクター	25	25
	赤痢菌	8	8
	エルニシア	5	5
	サルモネラ	4	4
	エロモナス	4	4
	レプトスピラ 他	5	4
原虫	クリプトスポリジウム	26	6
	ジアルジア	14	2
ウイルス	ノロウイルス	6	6
	ロタウイルス	1	1
その他(真菌等)		2	0
指標微生物**		10	5
不明***		3	3
計		171	<b>131</b>

化学物質等を含む被害数の合計は140。  
うち微生物によるものが131。

\* 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

## 住民の認識と発言

- 清浄な水を使用できていると考えている。感染症の流行などが起きるわけではなく、問題はない。
- 都会に出た子供夫婦が帰省した際、しばらく滞在していると、同行した孫がおなかをこわすことがある。



“おなかをこわす本体”とは何か？

砂防堰堤



取水点



沈砂池



# “水あたり”の原因

①細菌やウイルスに汚染された水

②硬度の高い水

わが国の渓流水であれば、一般に100 mg/L以下の軟水であり問題はない。常時硬度の低い浄水を飲用している人が、比較的高い水を飲むと腹痛を起こす可能性もある。

③冷たい水

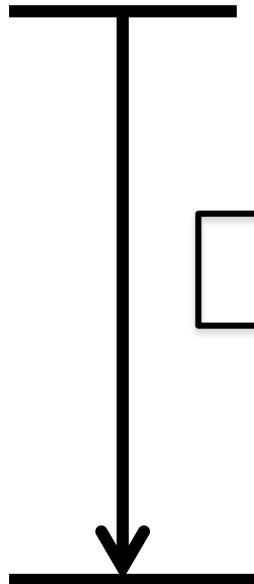
年少者が夏場に多く飲むと腹痛の原因となる。

# 演習問題

## *Cryptosporidium parvum*

原水

① = 100 /m<sup>3</sup>  
/人/年



③ log<sub>10</sub>

② /m<sup>3</sup> = 10<sup>-4</sup> /人/年

水道水

非加熱飲料水  
消費量 = 0.3 L/日

# 演習問題

## *Cryptosporidium parvum*

原水

$$8.9 \times 10^{-1} \text{ /人/年} = 100 \text{ /m}^3$$

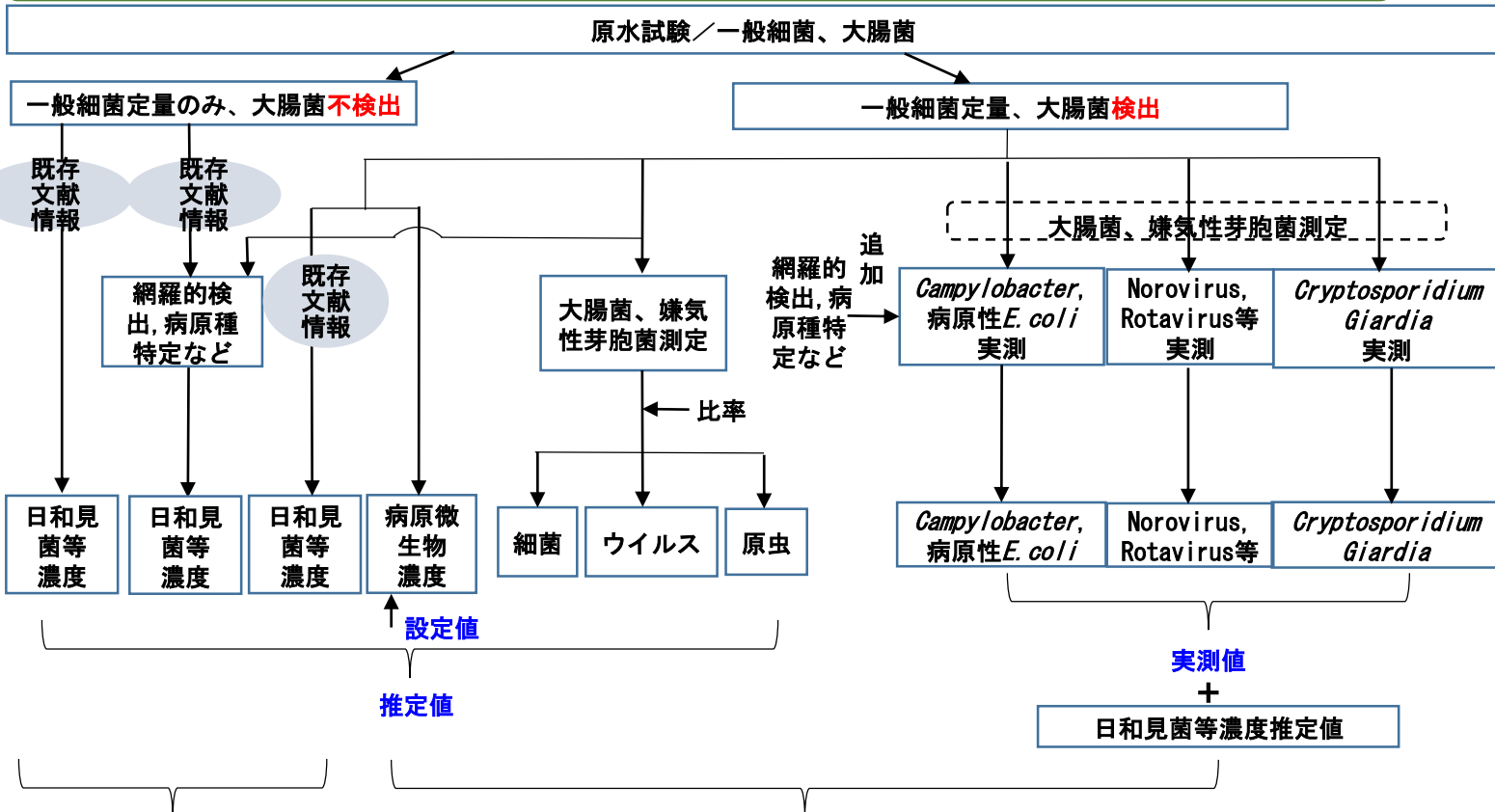
4.34  $\log_{10}$

$$4.6 \times 10^{-3} \text{ /m}^3 = 10^{-4} \text{ /人/年}$$

非加熱飲料水  
消費量 = 0.3 L/日

水道水

# 微生物的安全確保に向けたアプローチ方法



用量-反応  
モデル

必要除去・  
不活化能算  
定

感度分析と  
不確実性分  
析

浄水処理プ  
ロセス選定

- ・ 感染能を有する割合設定
- ・ 代表的日和見菌のモデル  
(最大感染確率モデルや低確率モデル  
使用も考えられる)

- ・ 感染能を有する割合設定
- ・ 各微生物に対するモデル適用

選定プロセスに及ぼす影響の考察

# トロッコ保津峡駅 (嵯峨野観光鉄道、京都市西京区)

## 北側施設



## 南側施設





# 水質測定結果例：トロッコ保津峡駅

## 北側施設（2020年11月～2022年9月、**n=27**）

	一般細菌 CFU/mL	従属栄養細菌 CFU/mL	大腸菌群 MPN/100mL	大腸菌 MPN/100mL	嫌気性芽胞菌 CFU/L	pH	電気伝導度 μS/cm	濁度 度
平均値（幾何 / 算術）	34	285	-	6.7	6.9	7.61	62.1	5.05
最大値	202	1210	≥2400	110	65	7.91	88.4	10.4
最小値	6.9	13	29	0.4	1.3	6.66	25.2	0.75
中央値	30	393	-	9.3	5.7	7.79	65.2	4.70

原水40項目試験実施済(2020.12.1)

## 南側施設（2020年11月～2022年9月、**n=25**）

	一般細菌 CFU/mL	従属栄養細菌 CFU/mL	大腸菌群 MPN/100mL	大腸菌 MPN/100mL	嫌気性芽胞菌 CFU/L	pH	電気伝導度 μS/cm	濁度 度
平均値（幾何 / 算術）	7.1	98	-	9.4	8.9	7.50	97.6	1.01
最大値	66	380	≥2400	240	120	7.91	122	3.30
最小値	0.3	11	4.3	0.4	0.7	6.46	78.8	0.21
中央値	7.2	126	-	11	6.6	7.67	96.8	0.86

原水40項目試験実施済(2020.12.1)

# 京都帝釈天(京都府南丹市)

(2021年3月～2022年9月、n=22)

	一般細菌 CFU/mL	従属栄養細菌 CFU/mL	大腸菌群 MPN/100mL	大腸菌 MPN/100mL	嫌気性芽胞菌 CFU/L	pH	電気伝導度 μS/cm	濁度 度
平均値(幾何/算術)	25	340	-	9.0	16	7.74	59.5	10.4
最大値	164	887	≥2400	46	102	7.98	99.8	20.5
最小値	6.7	95	4.3	0.7	2.7	7.49	37.0	4.1
中央値	22	380	-	19	14	7.81	56.1	7.9

原水40項目試験実施済(2021.4.16)



# 大吉寺(滋賀県長浜市)

(2021年3月～2022年7月、n=5)

	一般細菌 CFU/mL	従属栄養細菌 CFU/mL	大腸菌群 MPN/100mL	大腸菌 MPN/100mL	嫌気性芽胞 菌 CFU/L	pH	電気伝導 度 μS/cm	濁度 度
原水 (渓流水)	5.6	653	≥240	1.5	12	7.62	60.5	0.68
	8.2	100	≥240	2.3	14	7.78	63.5	1.02
	13	560	≥240	24	1.3	7.77	66.6	1.49
	11	453	46	4.3	18	7.69	68.5	1.74
給水栓水	2.1	963	24	0.92	4.0	7.68	59.8	0.49
	1.7	31.7	110	0.92	2.0	7.83	66.9	0.44
	4.0	443	110	4.3	15	7.75	63.6	0.52
	4.3	657	110	2.3	2.0	7.61	73.9	0.29

原水40項目試験実施済(2021.5.19)



## 文献に見られる比率等のまとめ

	HPC/全細菌	HPC/全生菌	全生菌/全細菌
表流水における値 (各ケースについて中央値を算出。その後、全体の中央値を算出。)	N=12 9.82E-06 ~ 3.10E-01 Median=7.47E-04	N=8 3.31E-04 ~ 7.75E-01 Median=1.81E-03	N=8 3.08E-01 ~ 9.55E-01 Median=0.506

- ・25文献をレビュー。浄水処理の有無、消毒の有無等を含む各種の報告。
- ・原水が表流水(河川、貯水池、湖沼)である場合のデータを抽出。表のNは、報告数を意味する。
- ・なお、ここでは、HPCについて一般細菌と従属栄養細菌を区別していない。

# 一般細菌数に基づく必要除去・不活化能の試算例

	北側施設	南側施設	京都帝釈天
日和見菌等推定濃度 ( cells/mL )	6.86E+02	1.44E+02	5.02E+02
必要除去・不活化log数	4.8	4.1	4.7

・測定した一般細菌数をもとに、病原細菌による感染確率 $10^{-4}$ /人/年以下を満たすのに必要な除去・不活化log数を算定。

・仮定：一般細菌/全細菌=0.075%、一般細菌/全生菌=0.18%、病原性生菌/全病原性細菌=50.6%。また、全細菌の約3%は病原性細菌(真砂らの結果による)。

算定式：病原性生菌数 = 一般細菌数 ÷ 0.075% × 3% × 50.6%

・病原性生菌はすべて日和見菌等であるとみなす。用量-反応モデルには、日和見菌のうち指数モデルの $\gamma$ が最小である*Staphylococcus aureus*のモデル( $\gamma = 7.64E-08$ )を適用。

# 大腸菌測定値に基づく必要除去・不活化能の試算例

病原微生物	条件／パラメータ	トロッコ北側施設log数	トロッコ南側施設log数	京都帝釈天log数
病原大腸菌 <i>E. coli</i> O157:H7	大腸菌×0.08; $\gamma=0.0093$	4.8 (5.36E-03)	4.9 (7.52E-03)	4.9 (7.20E-03)
カンピロバクター	大腸菌×0.66; $\gamma=0.686$	7.6 (4.42E-02)	7.7 (6.20E-02)	7.7 (5.94E-02)
ロタウイルス	大腸菌×5.00E-06; $\gamma=0.59$	2.4 (3.35E-07)	2.5 (4.70E-07)	2.5 (4.50E-07)
クリプトスポリジウム	大腸菌×1.00E-06; $\gamma=0.2$	1.2 (6.70E-08)	1.4 (9.40E-08)	1.3 (9.00E-08)

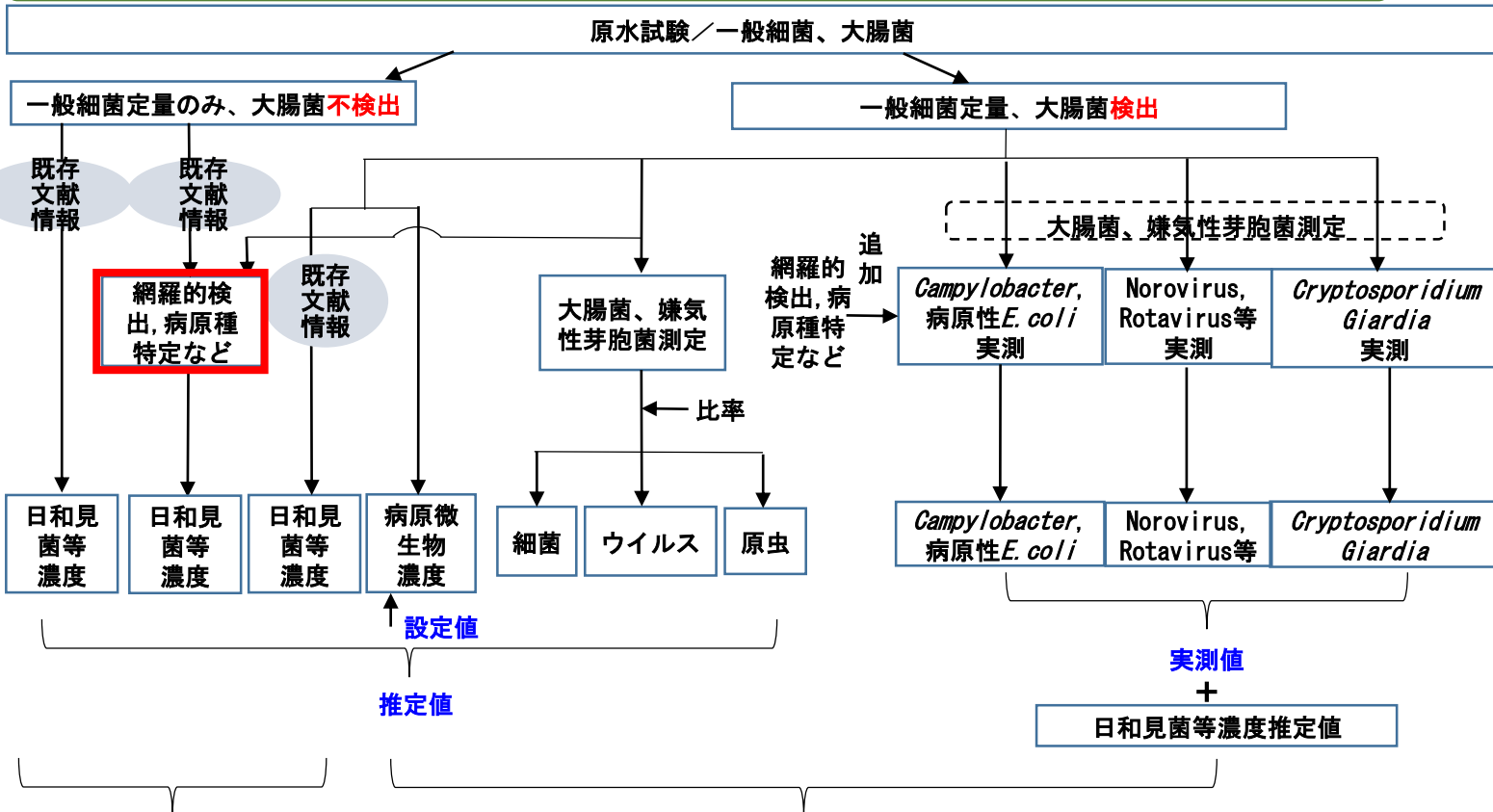
- ・大腸菌測定値に対して比率を乗じ各種病原微生物濃度を設定(表中カッコ内の数値, cells/mL)。感染確率 $10^{-4}$ /人/年以下を満たすのに必要な除去・不活化log数を算定。
- ・WHO定量的微生物リスク評価ガイドブック(p.188)に記載されている大腸菌／*E. coli* O157:H7、大腸菌／ロタウイルス、大腸菌／クリプトスポリジウム、大腸菌／カンピロバクターの比率はそれぞれ**1:0.08**、**1:5.00E-06**、**1: 1.00E-06**、**1:0.66**。
- ・用量－反応モデル:*E. coli* O157:H7は $\gamma=0.0093$ (WHO定量的微生物リスク評価ガイドブック,p.223)、ロタウイルスは $\gamma=0.59$ (WHO,2017)を使用。

# 不確実性分析の例(トロッコ保津峡駅北側施設対象)

項 目	必要除去・不活化 log数
<b>ベースケース</b> 一般細菌数: 41.3CFU/mL; 一般細菌／全細菌の割合=0.075%; 病原性細菌／全細菌の割合=3%; 病原性生菌／病原性細菌の割合=50.6%; 日和見菌等／病原性生菌の割合=100%; 感染能を有する割合=100%; 非加熱飲料水消費量=327 mL; <i>Staphylococcus aureus</i> 用量-反応モデル適用 $\gamma = 7.64E-08$	4.8
<b>一般細菌／全細菌の割合</b> 0.001% 10%	6.7 2.7
<b>病原性細菌／全細菌の割合</b> 0.01% 10%	2.3 5.3
<b>病原性生菌／病原性細菌の割合</b> 10% 80%	4.1 5.0
<b>日和見菌等／病原性生菌の割合</b> 0.1%	1.8
<b>感染能を有する割合</b> 10%	3.8
<b>非加熱飲料水消費量</b> 1 L	5.3
<b>用量-反応モデル</b> <i>Legionella</i> : $\gamma = 5.99E-02$	10.7

\* 赤字: 必要除去・不活化 log数の差が1を超える項目

# 微生物的安全確保に向けたアプローチ方法



用量－反応モデル

必要除去・不活化能算定

感度分析と不確実性分析

浄水処理プロセス選定

- ・ 感染能を有する割合設定
- ・ 代表的日和見菌のモデル (最大感染確率モデルや低確率モデル使用も考えられる)

- ・ 感染能を有する割合設定
- ・ 各微生物に対するモデル適用

選定プロセスに及ぼす影響の考察



# 大腸菌・嫌気性芽胞菌はどこにでもいる

京都帝釈天  
(京都府南丹市)



湧水点

大吉寺  
(滋賀県長浜市)



クリプトスポリジウム汚染のおそれあり・・・???

# 未規制ハロ酢酸をめぐって

厚生労働省水質基準逐次改正検討会：資料2 要検討項目の存在実態調査計画案、  
2021年6月30日

水質基準		
番号	項目	基準値 (mg/L)
22	クロロ酢酸	0.02
24	ジクロロ酢酸	0.03
28	トリクロロ酢酸	0.03
要検討項目		
番号	項目	目標値 (mg/L)
28	ブロモクロロ酢酸	0.01
29	ブロモジクロロ酢酸	0.01
30	ジブロモクロロ酢酸	-
31	ブロモ酢酸	-
32	ジブロモ酢酸	-
33	トリブロモ酢酸	-

- ・目標値はいずれも**暫定値**となる予定
- ・**令和5年4月1日**適用開始を目的

## 要検討項目のハロ酢酸の存在実態調査(R3～R4年度)

### ①厚生労働省による調査

- ・全国10～20程度の浄水場
- ・1回目：令和4年1月ごろ、2回目：令和4年7月ごろ

### ②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「化学物質等の検出状況を踏まえた水道水質管理のための総合研究」消毒副生成物分科会による調査

- ・ジクロロ酢酸、トリクロロ酢酸の検出状況から、目標値案の1/10（1 μg/L）以上での存在が懸念
- ・分科会参加事業体の浄水場系統の水道水で最新の存在実態を調査し、分科会で取りまとめ、目標値案と比較
- ・分析方法（LC-MS/MS法）の情報を共有
- ・厚労省・科学院による調査と連携

# 毒性評価と目標値設定について

## ブロモクロロ酢酸

雌雄ともに、肝細胞における腺腫・癌腫の発生


## ブロモジクロロ酢酸

雌：乳腺の腺腫・癌腫の発生

雄：精巣鞘膜・精巣上体の悪性中皮腫、皮膚の腺維腫・癌腫の発生

雄の各臓器における悪性中皮腫から評価

2物質ともに、**Ames試験**において**陽性**の結果が得られていることから、**遺伝毒性発がん物質**として評価（ベンチマーク用量法による）

 **in vitro試験に過ぎない！！**

# 水質管理上重視すべきハロ酢酸について

染色体異常誘発性(-S9mix系): イニシエーション活性の指標

**MBA**>>**BCA**>TBA>**DBA**>DBCA=MCA>DCA>BDCA>TCA

(二段階)形質転換誘発性(-S9mix系): プロモーション活性の指標

**MBA**>MCA>**DBA**>**BCA**>DCA>BDCA>DBCA>TCA>TBA

検出濃度と併せて、重視すべきと考えられるハロ酢酸

**ブロモクロロ酢酸**

ジブロモ酢酸

ブロモ酢酸

クロロ酢酸、ジクロロ酢酸、トリクロロ酢酸よりも、  
実は重要度が高い