

衛生工学

上水道4：浄水処理（つづき）&水道水質，消毒

2024年5月9日



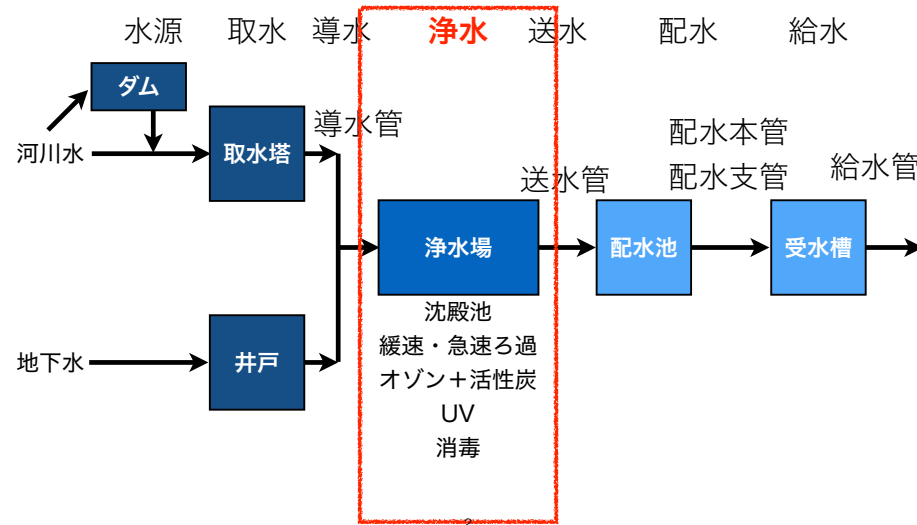
名古屋大学減災連携研究センター
Disaster Mitigation Research Center, NAGOYA UNIVERSITY

平山修久

1

上水道システム

浄水の範囲



高度浄水処理

3

高度浄水処理とは

通常の浄水処理

- ・ 懸濁物質の除去や消毒に高い効果

高度浄水処理

- ・ 通常の浄水処理では除去し難い溶解性物質の除去に効果
- ・ 臭気物質，トリハロメタン前駆物質，色度，アンモニア態窒素，陰イオン界面活性剤など
- ・ 各種化学物質や湖沼の富栄養化等によって汚染された水道水源に対処し，清浄で異臭味等のない水道水の供給を確保するための浄水処理

4

高度浄水処理施設

- ・ 生物処理
- ・ オゾン処理
- ・ 活性炭処理

5

生物処理

概要

- ・ 河川の自浄作用などの自然界の浄化作用を応用
- ・ 自然に成長する微生物の膜に原水を接触させることによってアンモニア態窒素の硝化や臭気、藻類、鉄、マンガン等の除去を行う。
- ・ **アンモニア態窒素の硝化能力**が高い。
- ・ アンモニア態窒素；原水中にあると前塩素または中間塩素で酸化するが、トリハロメタンが増加したり、カルキ臭の原因となるクロラミン類が発生。

6

オゾン処理

概要

- ・ **異臭味や色度の除去、トリハロメタン生成能の低減**などに高い効果を発揮。
- ・ 残留オゾンの持続性がない。
- ・ 有機物との反応によりアルデヒド等の副生成物が生じるため、活性炭処理が義務づけられている。
- ・ 実際には,
 - ・ オゾン処理＋粒状活性炭処理
 - ・ オゾン処理＋生物活性炭処理

7

オゾン発生および注入設備

- ・ オゾンは一般に乾燥した空気または酸素を高電圧の放電空間に通すことにより生成。
- ・ 生成したオゾン化空気は、オゾン注入設備によって細かな気泡にして水中に放ち、オゾン接触槽で接触させる。
- ・ 注入濃度は1～2mg/L
- ・ 接触時間は5～15分

8

活性炭処理

概要

活性炭

- ・木質や石炭などを原料とする多孔性の炭素質の物質で、気体や液体中の微量有機物などを吸着する性質を持つ。

活性炭処理は、

- ・活性炭のもつ優れた吸着力を利用して、異臭味、有機炭素化合物、合成洗剤、農薬など広範囲の物質を除去または低減する処理
- ・粉末活性炭処理、粒状活性炭処理、生物活性炭処理

9

活性炭処理

・粉末活性炭処理

- ・一般に水質事故や短期間の異臭味発生などの際に応急的に行うもの。

・粒状活性炭処理 (Granular Activated Carbon:GAC)

- ・活性炭吸着池に粒状活性炭を充填し、これに原水を流入させて吸着除去を行う。

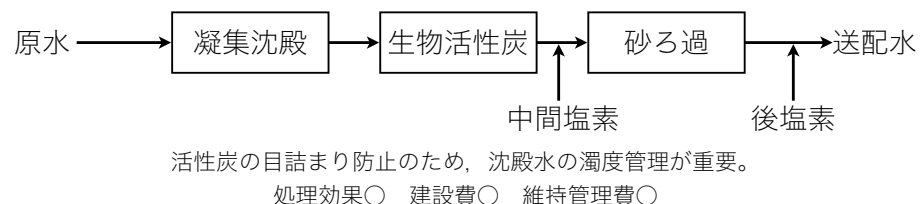
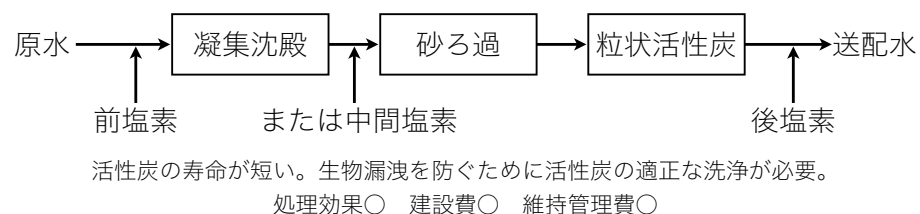
・生物活性炭処理 (Biological Activated Carbon:BAC)

- ・活性炭層内の微生物による有機物の分解作用を利用して活性炭の吸着機能を長く持続させる。前段で塩素は注入しない。

10

高度浄水処理フロー

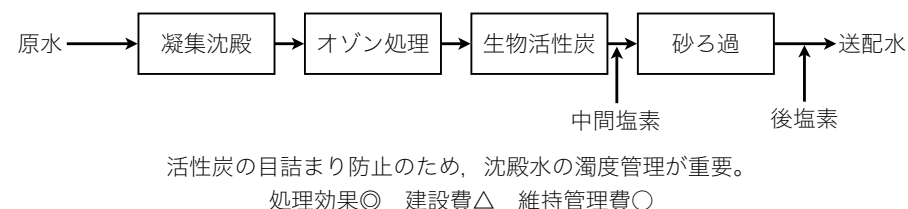
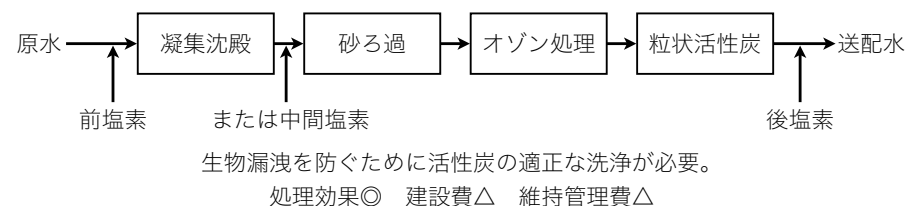
粒状活性炭処理単独の場合



11

高度浄水処理フロー

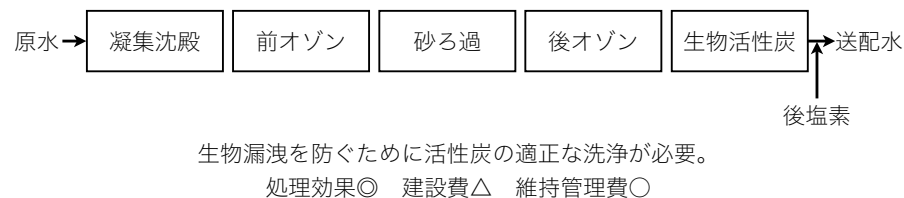
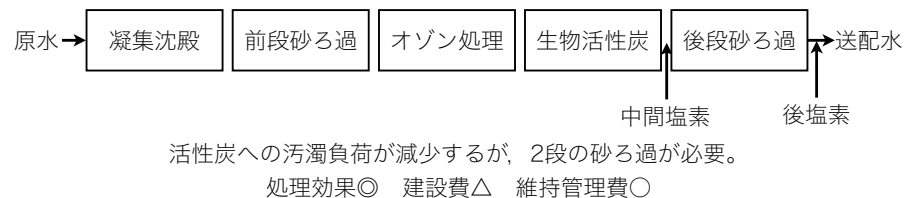
オゾン処理を併用する場合（１）



12

高度浄水処理フロー

オゾン処理を併用する場合（2）



13

膜処理

14

膜処理 (Membrane process)

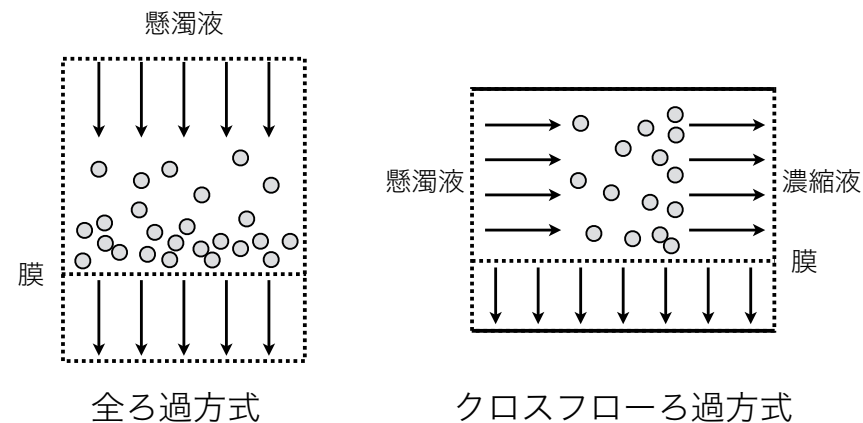
概要

- ・ 逆浸透膜、限外ろ過膜、精密ろ過膜、イオン交換膜、透析膜などにより水中の不純物を分離する処理方法。
- ・ 凝集などの前処理をしないで、原水をこれらの膜に通すことで清浄な水を得ることができる。
- ・ 小規模水道、海水の淡水化
- ・ 膜分離：膜を利用して物質の分離、除去、濃縮を行うこと。
- ・ **膜ろ過法**：原水を膜に通して、溶解性成分などの小さな不純物まで分離除去する浄水方法。

15

膜処理

全ろ過方式とクロスフロー方式



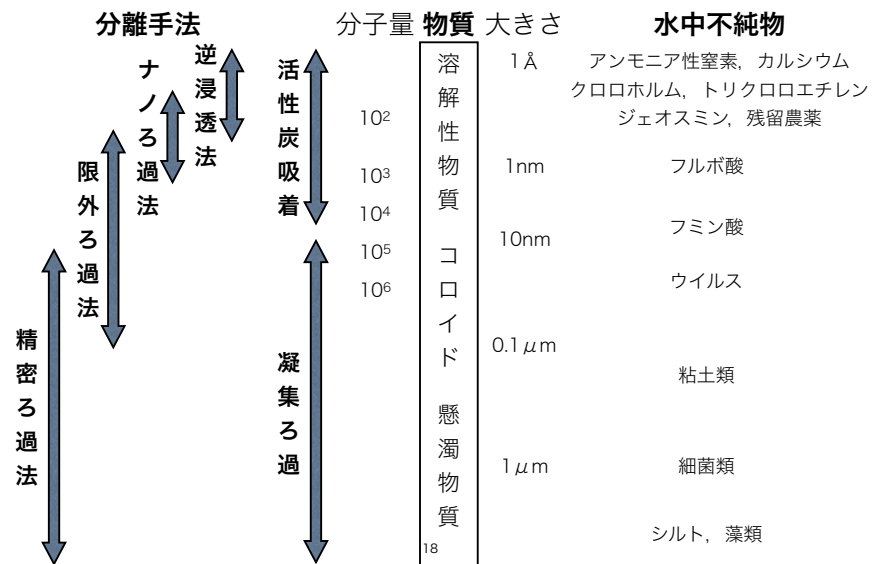
16

各種膜ろ過法

膜ろ過法	使用膜	分離対象	操作圧
精密ろ過法	精密ろ過膜 (Micro-filtration: MF)	0.01~10 μ m粒子	減圧 - 数100kPa
限外ろ過法	限外ろ過膜 (Ultra-filtration: UF)	Mw数1,000~3,000,000分子	数100kPa - 1MPa
ナノろ過法	ナノろ過膜 (Nano-filtration: NF)	Mw数100~数1,000分子	数100kPa - 数MPa
逆浸透法	逆浸透膜 (Reverse Osmosis: RO)	Mw~350分子	数MPa - 10MPa

17

水中不純物の大きさと分離方法



川井浄水場 (17.3万m³/日)

横浜市水道局



19

Reverse Osmosis Membranes

Gold Coast Desalination Plant, Queensland, Australia



20

水道水質

21

水道水質で考慮すべき点

- 微生物学的視点 (Microbial aspects)
- 化学的視点 (Chemical aspects)
- 放射線学的視点 (Radiological aspects)
- 受容性の視点 (Acceptability aspects)

22

飲料水の微生物学的危害因子

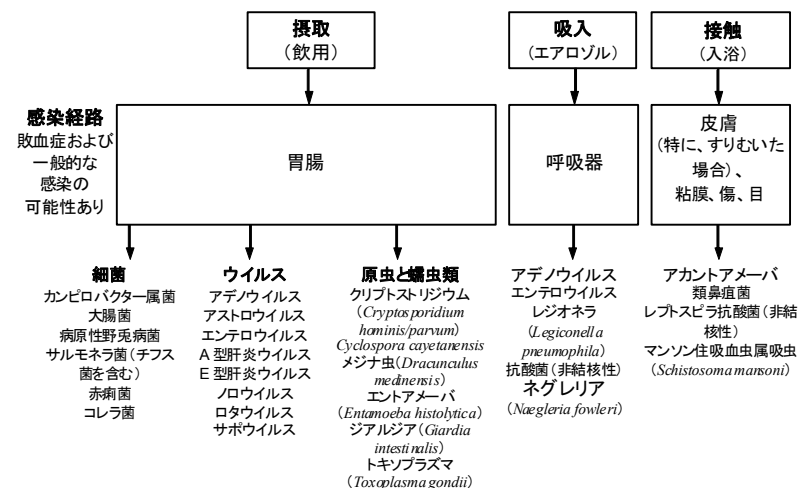
病原細菌, ウイルス, 原虫および蟻虫類による感染症

水系病原体

- 病原体は健康に対し, 急性的あるいは慢性的な影響を与える可能性がある
- 病原体の中には環境中で増殖するものもある
- 病原体は個別に存在する
- 病原体はしばしば, 凝集体として, あるいは水中のSS分に吸着して存在し, その濃度は時間で変化する
- 疾病に至る病原体への暴露量は, 個人の免疫状態と共に, 病原体の用量, 感染度, および毒性に依存する
- 感染した場合, 病原体はその宿主内で増殖する
- 特定の水系病原体の中には, 食品, 飲料, または暖かな水の中で増殖できるものがあり, 感染の可能性が長く続き, 増大することもある
- 多くの化学物質と異なり, 病原体には蓄積効果はない

23

水系病原体の伝播経路とその例



©WHO飲料水水質ガイドライン第4版, 国立保健医療科学院, 2012

定量的微生物リスク評価

Quantitative microbial risk assessment (QMRA)

- ・ ヒト病原体からの感染リスクを評価するための数学的手法であり、水系微生物危害因子、特に散発的な疾病に関連するリスクを理解し管理する上で有用である。
- ・ QMRAは、**暴露に関する利用可能な情報**、例えば、病原微生物の摂取数など、と**用量－反応モデル**を体系的に組み合わせることによって、**飲料水中の病原微生物の暴露に伴う感染確率**を評価するものである。その後、不顕性感染の頻度、期間、疾病の重篤度などの**疫学上のデータ**を使用して、疾病負荷を評価することができる。

25

飲料水の化学的危険因子

数種類の化学汚染物質は、飲料水を通じた長期間にわたる暴露の結果、ヒトの健康に悪影響を及ぼすことが示されている。これらは、様々な汚染源から飲料水に混入するであろう化学物質のうちごく一部であるにすぎない。

- ・ **化学物質の発生源別分類**
 - **自然由来**：岩石、土壌および地質学的状況と気候の影響
 - **産業発生源および市街地**：鉱業（採掘業）、製造業、加工業、下水（新しく顕在化している多くの汚染を含む）、固形廃棄物、市街地流出、燃料の漏出
 - **農業活動**：堆肥、肥料、集約的な動物の飼育と農薬の使用
 - **浄水処理または飲料水と接触する材料**：凝集材、消毒副生成物、配管材料
 - **公衆衛生上の目的で水に使われる農薬**：昆虫による疾病伝播を防止するための幼虫駆除剤

27

参照病原体に関する耐容疾病負荷と原水水質との関係

計算例

河川水 (ヒトおよび家畜による汚染)	単位	クリプト スポリジウム	カンピロバクター	ロタウイルス ^a
原水水質 (C ₀)	1L 中の微生物数	10	100	10
耐容リスクレベルを達成するのに 必要な処理性能 (PT)	対数減少値	5.89	5.98	5.96
飲料水質 (C _D)	1L 中の微生物数	1.3 × 10 ⁻⁵	1.05 × 10 ⁻⁴	1.1 × 10 ⁻⁵
非加熱飲料水の摂取量 (V)	一日当たりの L 数	1	1	1
飲料水による曝露量 (E)	一日当たりの微生物数	1.3 × 10 ⁻⁵	1.05 × 10 ⁻⁴	1.1 × 10 ⁻⁵
用量－反応関係 (r) ^b	一微生物当たりの感染 確率	2.0 × 10 ⁻¹	1.9 × 10 ⁻²	5.9 × 10 ⁻¹
感染リスク (P _{inf})	一日当たり	2.6 × 10 ⁻⁶	2.0 × 10 ⁻⁶	6.5 × 10 ⁻⁶
感染リスク (P _{inf})	一年当たり	9.5 × 10 ⁻⁴	7.3 × 10 ⁻⁴	2.4 × 10 ⁻³
感染後の発症（下痢症）リスク (P _{ill})	一回の感染当たりの発 症確率	0.7	0.3	0.5
発症（下痢症）リスク (P _{ill})	一年当たり	6.7 × 10 ⁻⁴	2.2 × 10 ⁻⁴	1.2 × 10 ⁻³
疾病負荷 (db)	一患者当たりの DALY	1.5 × 10 ⁻³	4.6 × 10 ⁻³	1.4 × 10 ⁻²
感受性を持つ人の割合 (f _h)	人口比 (%)	100	100	6
健康影響目標値 (HT)	年間 DALY ^c	1 × 10 ⁻⁴	1 × 10 ⁻⁴	1 × 10 ⁻⁴

計算式: C_D = C₀ ÷ 10^{PT} P_{inf} = E × r HT = P_{ill} × db × f_h ÷ 100
E = C_D × V P_{ill} = P_{inf} × P_{ill}

©WHO飲料水水質ガイドライン第4版, 国立保健医療科学院, 2012

化学物質のガイドライン値の導出

2つのアプローチ：物質による発がんメカニズムについて考察する必要がある。

- ・ 閾値のある化学物質
- ・ 閾値のない化学物質（多くは遺伝毒性を有する発がん物質）

化学物質の発がん性評価は、通常、長期間暴露による実験動物による研究に基づく。

- グループ1 ヒトに対して発がん性のある物質
- グループ2A ヒトに対しておそらく発がん性がある物質
- グループ2B ヒトに対して発がん性を示す可能性がある物質
- グループ3 ヒトに対して発がん性による分類ができない物質
- グループ4 ヒトに対しておそらく発がん性がない物質

28

リスク科学

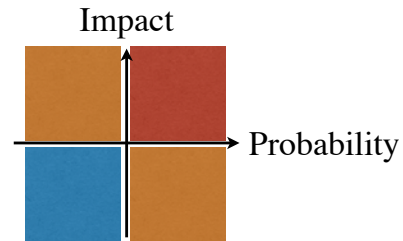
$$\text{Risk} = \text{Probability} \times \text{Impact}$$

微生物リスク

- Target level
 - 感染率： $10^{-4}/\text{year}$

化学物質リスク

- Target level
 - 発がん率： $10^{-5}/\text{life}$
 - 毒性評価
- DALYs (Disability-Adjusted Life Years)**



29

水道水質基準

水質基準のうち水道法により規定されるもので、水道水が備えなければならない水質上の要件。

水道法第4条

1. 病原生物に汚染され、又は病原生物に汚染されたことを疑わせるような生物若しくは物質を含むものでないこと。
2. シアン、水銀その他の有毒物質を含まないこと。
3. 銅、鉄、弗素、フェノールその他の物質をその許容量をこえて含まないこと。
4. 異常な酸性又はアルカリ性を呈しないこと。
5. 異常な臭味がないこと。ただし、消毒による臭味を除く。
6. 外観は、ほとんど無色透明であること。

30

水道における水質基準

- 水道水は、水道法第4条の規程に基づき、「水質基準に関する省令」で規定する水質基準に適合することが必要。
- 水道水質基準 (51項目)
- 水質管理目標設定項目 (26項目)
- 要検討項目 (47項目)
- 水質検査計画を策定し、需要者に情報提供
- ただし、**残留塩素濃度の下限値 (遊離塩素で0.1mg/L以上, 結合塩素で0.4mg/L以上)** は、水質基準ではなく、水道法22条の衛生上の措置として記載

31

現在の水質基準

平成15年4月に大幅な改正

- **消毒副生成物**に関してはトリハロメタン類以外にもハロ酢酸等の問題や新たな化学物質による問題が提起されていること。
- クリプトスポリジウム等の**耐塩素性病原性微生物**の問題が提起されていること。
- 世界保健機構 (WHO) においても、飲料水水質ガイドラインを10年ぶりに全面的に改定作業が進められていること。
- 規制改革や公益法人改革の流れの中、水質検査についての見直しなど**水道水質管理の分野**においても、より合理的かつ効率的なあり方を検討すべきことが求められていること。

32

水道水質基準

水質基準項目（51項目）

健康に関する項目と水道水が有すべき性状に関連する項目

水質管理目標設定項目（26項目）

将来にわたり水道水の安全性の確保等に万全を期する見地から、体系的・組織的な監視によりその検出状況を把握し、水道水質管理上留意すべき項目

要検討項目（47項目）

毒性評価が定まらない、若しくは浄水中の存在量が不明等の理由から水質基準、水質管理目標設定のいずれにも分類できない項目

水道水質基準項目の意義

病原性微生物関連

- 病原性微生物とともに水中に混入してくる微生物を指標

一般細菌

1mlの検水で集落数が100以下

- 標準寒天培地を用いて、35～37℃で22～26時間培養した場合、肉眼で認められる集落となって発現する細菌

大腸菌

検出されないこと

- 特定酵素基質培地法によってβ-グルクロニダーゼ活性を有すると判定される細菌
- 人をはじめとする恒温動物の腸管内に多数生息

消毒副生成物

- 自然水中には存在しないが、浄水処理過程で注入される塩素やオゾン等の酸化消毒剤が、水中の無機物質やフミン質等の前駆物質と反応して生成される。
- 基準値は、生涯にわたって連続的に摂取しても、健康に影響をしない水準を基として設定
 - 総トリハロメタン（クロロホルム、ブロモジクロロメタン、ジブロモクロロメタン、ブロモホルム）；0.1mg/L以下
 - クロロ酢酸；0.02mg/L以下、ジクロロ酢酸；0.04mg/L以下、トリクロロ酢酸；0.2mg/L以下
 - 臭素酸；0.01mg/L以下
 - ホルムアルデヒド；0.08mg/L以下

味覚関連項目

塩化物イオン；200mg/L以下

有機物（全有機炭素（TOC））；5mg/L以下

- 全有機炭素（TOC）とは、水中に存在する有機物を構成する全ての炭素のことで、水中の有機物濃度の指標。

ナトリウム；200mg/L以下

カルシウム・マグネシウム等（硬度）；300mg/L以下

- 硬度とは、水中にイオン状となって存在するカルシウム（Ca⁺⁺）とマグネシウム（Mg⁺⁺）の量を、これに対応する炭酸カルシウム（CaCO₃）に換算して表したもの。

におい関連物質

フェノール類；0.005mg/L以下

- ・フェノールおよび各種フェノール化合物。自然水中には腐植質等に由来して含まれることがあるが、その量はわずかで、通常は工場排水等の混入に起因。
- ・塩素と反応してクロロフェノールとなり、不快な刺激臭

ジェオスミン；0.00001mg/L以下

- ・かび臭の原因物質。富栄養化に伴う藍藻類アナベナ

2-メチルイソボルネオール（2-MIB）；0.00001mg/L以下

- ・かび臭の原因物質。富栄養化に伴う藍藻類フォルミディウムやオシラトリア

37

基礎的性状

pH値（ガラス電極法）；5.8以上8.6以下

臭気（官能法）；異常でないこと

味（官能法）；異常でないこと

色度（比色法，透過光測定法）；5度以下

濁度（比濁法，透過光測定法，積分球式光電光度法，散乱光測定法，透過散乱法）；2度以下

38

海外の飲料水水質基準

WHO飲料水水質ガイドライン

- ・微生物，無機物質，有機物質，農薬，消毒副生成物，放射能，利便性等に関連する項目
- ・水源から蛇口までの体系的な水質管理の実施（**水安全計画**の策定）

米国における飲料水水質基準（USEPA）

- ・安全飲料水法（Safe Drinking Water Act, 1974）にもとづいて規定
- ・目標最大許容レベル（MCLG），最大許容レベル（MCL）

39

名古屋市上下水道局の水道水質検査計画

水質検査計画

- ・「水道水質検査優良試験所規範（水道GLP）」の認定取得
- 妥当性評価
 - ・水道水質検査における妥当性評価ガイドライン
- 内部精度管理
 - ・局内
- 外部精度管理
 - ・厚生労働省

名古屋市上下水道局，水道の水質，<https://www.water.citynagoya.jp/category/suidousuisitsu/index.html>

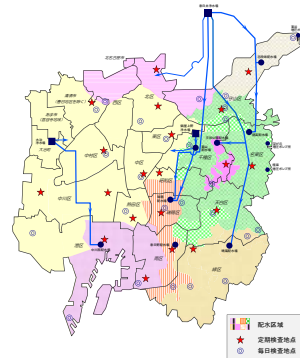
名古屋市上下水道局の水道水質検査

水道法で義務付けられている項目

- ・ 毎日検査項目（3項目）
- ・ 水質基準項目（51項目）

水質管理上必要な項目

- ・ 水質管理目標設定項目（26項目）
- ・ 要検討項目（16項目）
- ・ 放射性物質（3項目）
- ・ その他の項目（33項目）



名古屋市上下水道局, 水道の水質, <https://www.water.city.nagoya.jp/category/suidousuisitsu/index.html>

消毒

Disinfection

- ・ 人に対して有毒な微生物（病原菌など）を**不活化**する（感染力をなくす）こと。
- ・ 滅菌（Sterilization）：すべての微生物を殺す

名古屋市上下水道局の情報発信 水道水の放射性物質の測定

採水日：令和2年4月14日

（単位：Bq/L）

採水場所	春日井浄水場		鍋屋上野浄水場	
試料名	原水	浄水	原水	浄水
採水時刻	9:00	9:00	9:00	9:00
ヨウ素131	不検出(0.6)	不検出(0.7)	不検出(0.7)	不検出(0.6)
セシウム134	不検出(0.5)	不検出(0.8)	不検出(0.8)	不検出(0.7)
セシウム137	不検出(0.5)	不検出(0.7)	不検出(0.7)	不検出(0.7)

採水場所	大治浄水場		北区辻町地内
試料名	原水	浄水	水道水
採水時刻	9:00	9:00	14:10
ヨウ素131	不検出(0.6)	不検出(0.6)	不検出(0.7)
セシウム134	不検出(0.6)	不検出(0.7)	不検出(0.6)
セシウム137	不検出(0.7)	不検出(0.6)	不検出(0.6)

名古屋市上下水道局, 水道の水質, <https://www.water.city.nagoya.jp/category/suidousuisitsu/index.html>

消毒理論

Chickの法則

- ・ 細胞死滅速度に関する法則（ N ：生細菌細胞数, K ：特定の消毒剤による反応速度定数）

$$\frac{dN}{dt} = -K \cdot N$$

CT値

- ・ 病原性微生物等と消毒剤との接触量の指標
- ・ 消毒剤の濃度と消毒剤が残留している時間の積
- ・ 病原性微生物等の一定量（90%, 99%, 99.9%等）を不活化するのに必要なCT値が個々の細菌, 原虫等について消毒剤ごとに求められている。

塩素処理

水処理において、液化塩素、次亜塩素酸ナトリウム、次亜塩素酸カルシウムなどの塩素剤を使用した消毒処理。

・利点

- ・ 気体、液体 (HOCl) 、粉末 (さらしこ) で入手可能
- ・ 水への溶解度が高い
- ・ 人に有害でない範囲で管網の安全確保可能
- ・ 多くの微生物の代謝活性を止める
- ・ 強力な酸化剤であり、不飽和化合物などの酸化を生じる
- ・ **残留性**が高い

・欠点

- ・ 有毒ガスであり、取り扱いには注意が必要
- ・ フェノールなどと容易に反応して**臭気を発生**
- ・ **有機塩素化合物 (全有機ハロゲン化合物、トリハロメタン)** を生成する

45

塩素要求量と塩素消費量

塩素要求量 Chlorine Demand

- ・ 水に塩素を加えて、所定の接触時間 (厳密には塩素注入から水が消費者に到達するまでの時間、普通は1時間) のうち、**遊離塩素**が残留するために必要な塩素量
- ・ 遊離残留塩素0.1mg/Lとなる点での塩素投入量 a mg/L を求め、 $a - 0.1$ [mg/L] で算出

塩素消費量

- ・ アンモニア性窒素や有機性窒素が存在すると、注入した塩素と反応していったん**結合塩素**を生じる塩素量。

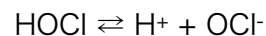
46

塩素反応について

遊離型塩素 : HOCl, OCl⁻

結合塩素 : NH₂Cl, NHCl₂, NCl₃

- ・ 塩素を水中に入れると、



塩素の存在形態は**pH**に依存

- ・ pH5以下ではほとんどがHOCl, pH7で80%, pH9ではすべてがOCl⁻。**塩素の不活化力は酸性側で強く、アルカリ側では急激に低下する。**

47

塩素反応

アンモニアがある場合

- ・ 塩素はアンモニアと反応して、**結合塩素** (モノクロラミン、ジクロラミン、トリクロラミン) が生じる。



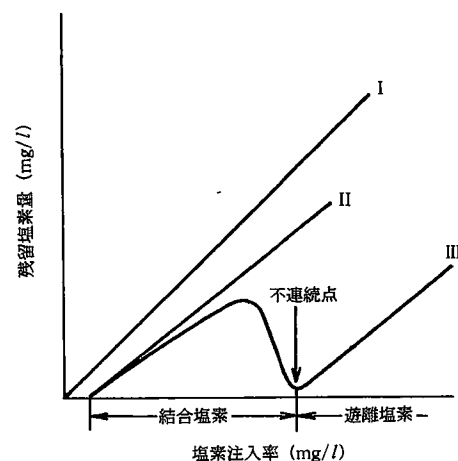
- ・ さらに塩素を加えると、結合有効塩素が減少



48

不連続点塩素処理

塩素注入と残留塩素量との関係



49

住友恒ら，環境工学，1998

不連続点塩素処理法

- ・ アンモニアを含む水に塩素の注入量を増やしていくと残留塩素量が増加するが，ある点に達すると急激に減少し，ついで再び増加する。このような形で最低点を示す点を**ブレイクポイント（不連続点）**という。
- ・ この不連続点以上に塩素を注入して水进行处理する方法を不連続点塩素処理法という。

50

前塩素処理と後塩素処理

前塩素処理 Pre-chlorination

- ・ 有機物による汚濁や細菌群の多い原水については，沈殿やろ過を行う前に，**原水**に塩素を注入する方法。
- ・ 鉄，マンガン，アンモニア，亜硝酸の除去，沈殿池内の藻類繁茂の抑制，沈殿池の沈降汚濁腐敗の防止。
- ・ ろ過後に投入する塩素量は少量で済む。アンモニア性窒素が高い，または容易に酸化されるものを大量に含む原水の場合には大量の塩素が必要。

中間塩素処理 Intermediate chlorination

- ・ 砂ろ過前の沈殿水に塩素を注入する方法。
- ・ **トリハロメタンの低減化**に有効。

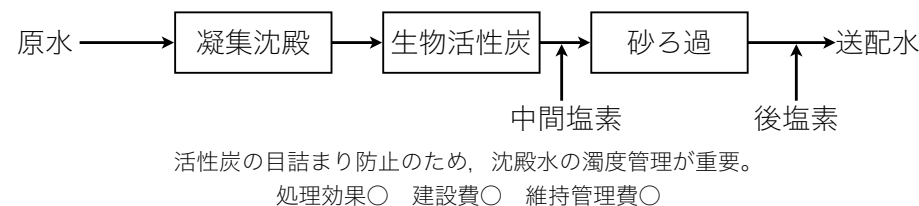
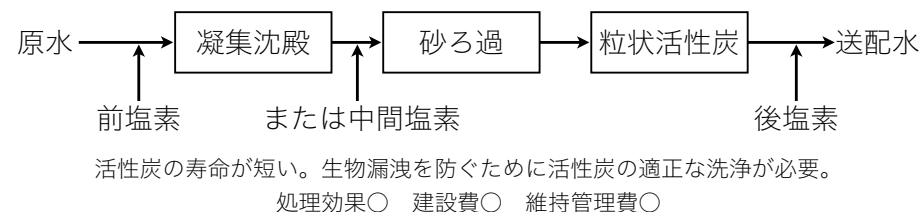
後塩素処理 Post-chlorination

- ・ 浄水処理の最後の工程に**消毒**のため塩素を注入すること。
- ・ **給水栓水の残留塩素を一定以上保持**するよう，塩素の注入を行う。

51

消毒処理プロセス

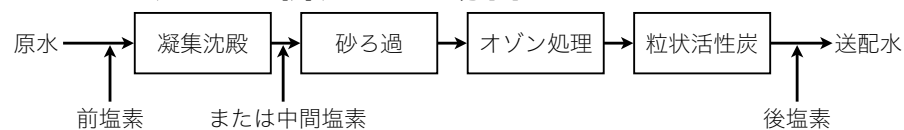
粒状活性炭処理単独の場合



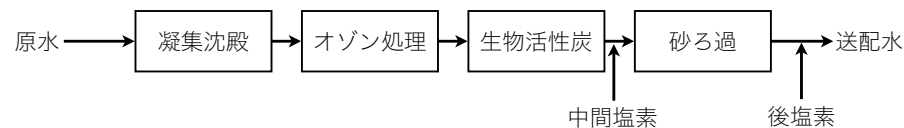
52

消毒処理フロー

オゾン処理を併用する場合



生物漏洩を防ぐために活性炭の適正な洗浄が必要。
処理効果◎ 建設費△ 維持管理費△

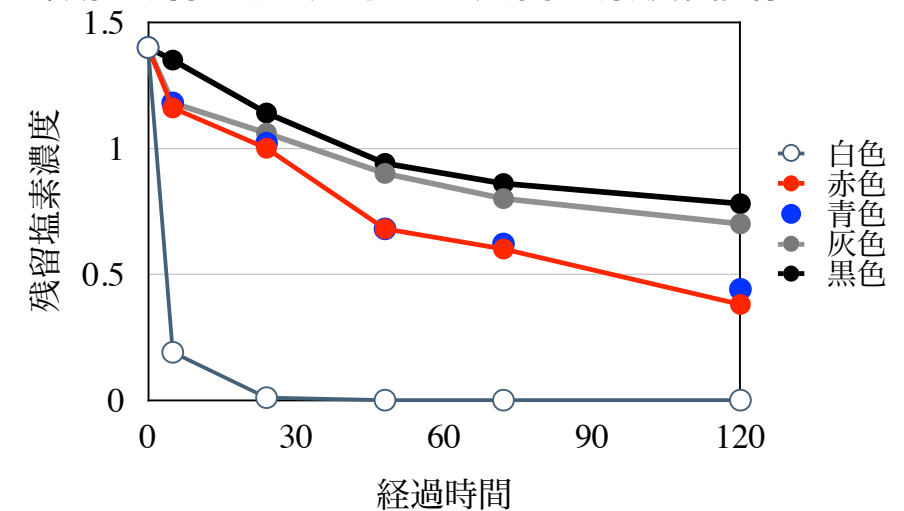


活性炭の目詰まり防止のため、沈殿水の濁度管理が重要。
処理効果◎ 建設費△ 維持管理費○

53

応急給水用ポリタンク

冬期屋外直射日光下での残留塩素濃度変化



54

オゾン, 紫外線

オゾン処理法

- ・オゾンの酸化力により、細菌やウイルスの不活化、色度の除去、異臭の除去、有機物の酸化分解などを行う。
- ・オゾンは消毒効果が高い。トリハロメタンを生成しない。
- ・持続性がない。アンモニア態窒素を除去できない。

紫外線消毒 (UV)

- ・紫外線のもつ殺菌作用を利用する消毒法。水銀ランプを用いると253.7nmを主とする紫外線を得ることができ、これを水に照射することにより、有効な殺菌を行うことができる。
- ・懸濁物質が存在する場合は消毒効果が低下。残留効果ない。

55

水安全計画

- ・水道水の安全性を一層高め、今後とも国民が安心しておいしく飲める水道水を安定的に供給する
- ・**水源から給水栓**に至る統合的な水質管理の実現
- ・食品製造分野における**HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point)** の考え方を取り入れ
- ・**水源から給水栓**に至る各段階で危害評価と危害管理を行い、安全な水の供給を確実にする水道システムを構築するもの

HACCP

(Hazard Analysis and Critical Control Point)

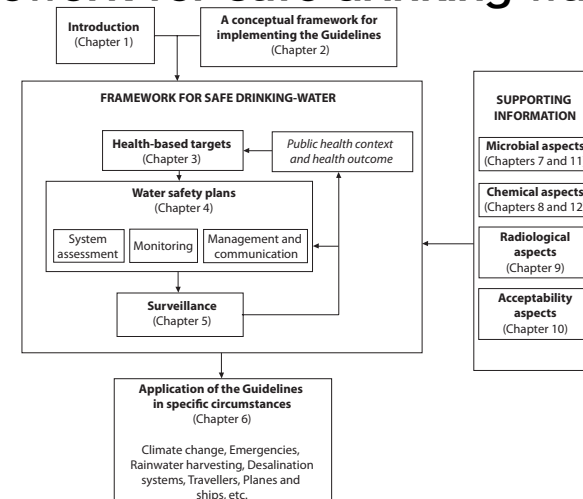
- 微生物汚染等の危害をあらかじめ分析 (Hazard Analysis) し、その結果に基づいて、製造工程のどの段階でどのような対策を講じればより安全な製品を得ることができるかという重点管理点 (Critical Control Point) を定め、これを連続的に監視



厚生労働省, HACCAP, http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/shokuhin/haccp/

水安全計画のフレーム

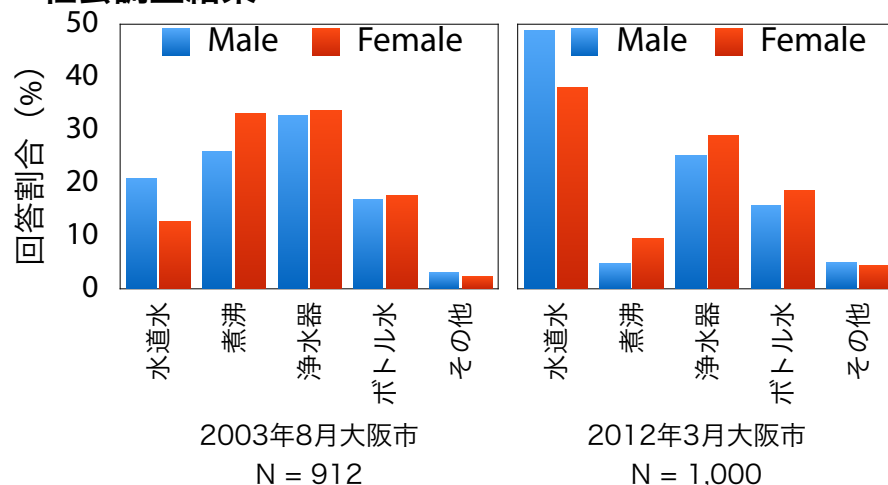
Framework for safe drinking water



©Guidelines for Drinking-water Quality - 4th ed., WHO, 2011

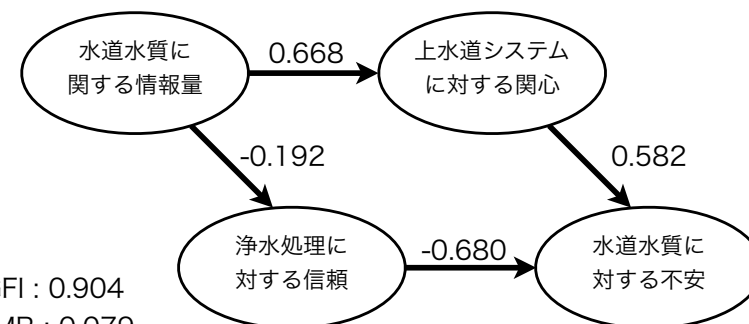
飲用形態

社会調査結果



水道水質に対する不安の因果モデル

水道水質に対する不安の社会心理学的検討



GFI : 0.904
RMR : 0.079
AGFI : 0.826
AIC : 489.6

需要者の水道水質リスク コントロール感の付与

水道水質に関する需要者のコントロール感

正確な情報をもとに、自分の意思で飲料水のリスクを選択することが
できているという認識をもつこと

コントロール感の付与している情報

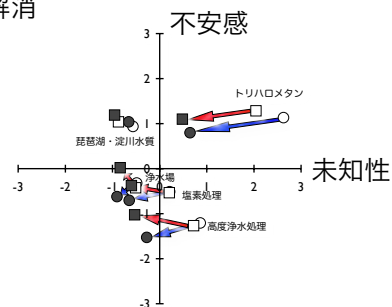
水道水質に対する不安が低減あるいは解消

コントロール感を付与した情報

- ・トリハロメタンに関するリスク
- ・リスク回避に関する情報

コントロール感を付与しない情報

- ・トリハロメタンに関するリスク
- ・高度浄水処理に関する情報



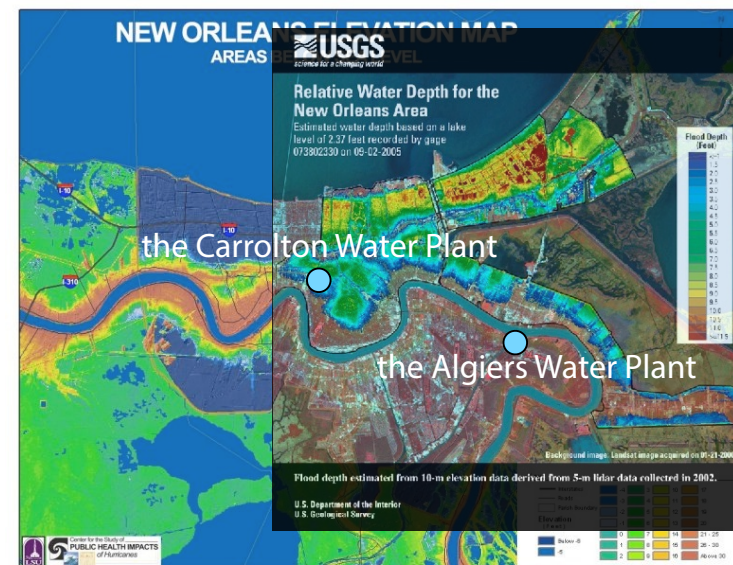
61 平山ら, 水道協会雑誌, 74(1), 2-11, 2005

災害時の水道水質管理

62

煮沸勧告 (Boil water notice/advisory)

63



64

2005年米国ハリケーンカトリーナ 上水道システムへの被害

- the Carrollton Water Plant (New Orleans市9割)
- 13ftの堤防
- 17ftの高潮
- 完全に浸水



65

2005年ハリケーンカトリーナ ニューオーリンズ市上水道システムの対応

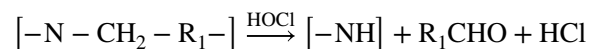
- 浄水場は、被災後2日間は運転を止めなかった。
- 1週間以内で、電源を確保し、浄水を再開
- しかしながら、塩素消毒を行っていなかったため、**飲用には適さない水**。消火用水の供給 **with 煮沸勧告**
- 11月18日に飲用可能な水を供給
- the State Health Departmentによる認証に時間が必要であった。

66

水質事故

利根川水系におけるホルムアルデヒド検出に伴う取水停止

- 2012年5月19日～20日に千葉県内5市36万戸において断水
- 工場の廃水中に高濃度のヘキサメチレンテトラミン 約10.8トン (推定値)
- ヘキサメチレンテトラミン $C_6H_{12}N_4$, $(CH_2)_6N_4$
- 3級アミンと塩素と反応



67

ホルムアルデヒド

- 水道水質基準：0.08mg/L
- 工場排水基準：10mg/L
- 2012年5月15日：埼玉県で浄水中から水道水質基準に近い濃度 0.045mg/Lを定期検査で検出
 - 粉末活性炭による吸着処理や塩素注入点の変更
 - 高度浄水処理（オゾン処理や生物活性炭処理等）の浄水処理設備を有していない浄水場では、浄水中のホルムアルデヒド濃度が上昇 **最高0.168mg/L**
- 浄水場で取水、送水を停止。

68

水質異常時

摂取制限を伴う給水継続の考え方

厚生労働省健康局水道課長通知（平成28年3月31日健水発0331第6号）

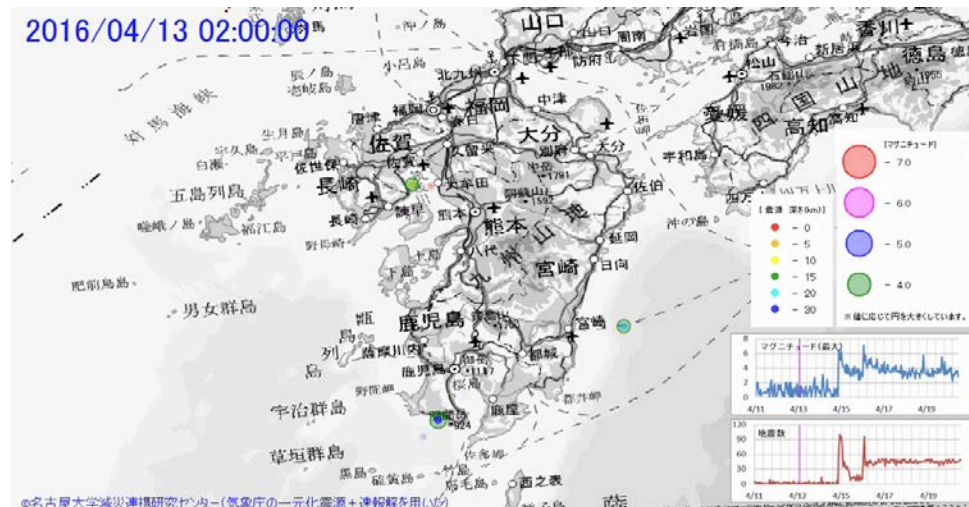
給水の緊急停止，水道法第23条

「人の健康を害するおそれ」とは，**水道水質基準に適合しない場合ではなく**，その水を使用すれば直ちに人の生命に危険を生じ，又は身体の正常な機能に影響を与えるおそれがある場合

摂取制限を伴う給水継続

69

2016年熊本地震



70

©名古屋大学減災連携研究センター，2016

KiK-net益城



71

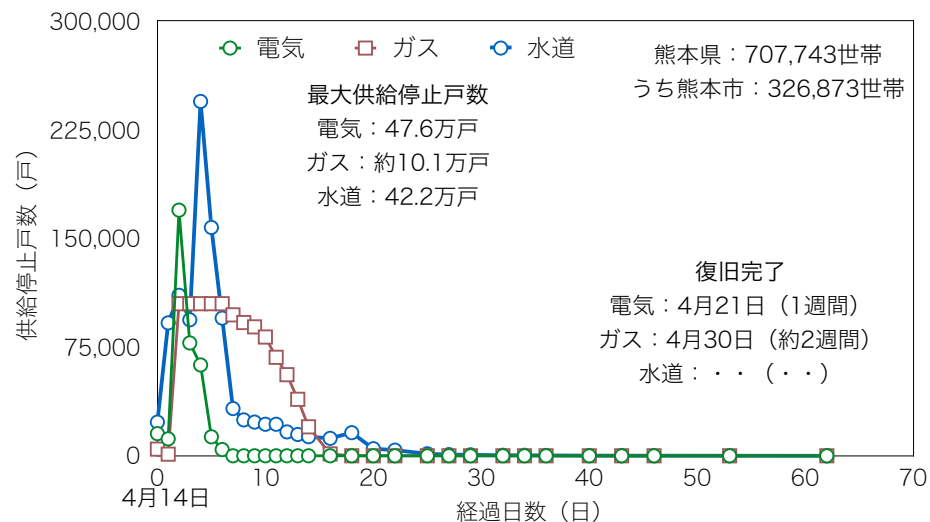
©防災科学技術研究所，2016，2018

1995年阪神淡路大震災と2016年熊本地震

	熊本地震	阪神・淡路大震災
活断層	日奈久・布田川断層帯	野島断層
発生日時	2016年4月16日（土）1:25	1995年1月17日（火）5:46
地震の規模	Mj 7.3	Mj 7.3
地震の種類	活断層型（直下型）地震	活断層型（直下型）地震
死者行方不明	270人（関連死含む） 【直後50人】	6,434人 【直後5,500人】
被災自治体	熊本県	2府県 （兵庫10市10町，大阪5市）
建物被害	全壊8,648棟，半壊34,398棟	全壊104,906棟，半壊144,274棟
避難者	約18万人	約32万人
震度6弱以上 暴露人口	915,877人	3,596,836人
災害廃棄物	311万トン	2,000万トン （非公共1,450万，公共550万）

©熊本県危機管理防災課，2018，©兵庫県，2008

熊本地震でのライフライン被害



7内閣府，平成28年熊本地震に関する被害状況等による

益城町惣領地区（污水管の被災）



74

益城町寺迫地区



75

水道施設の被災（西原村）



76

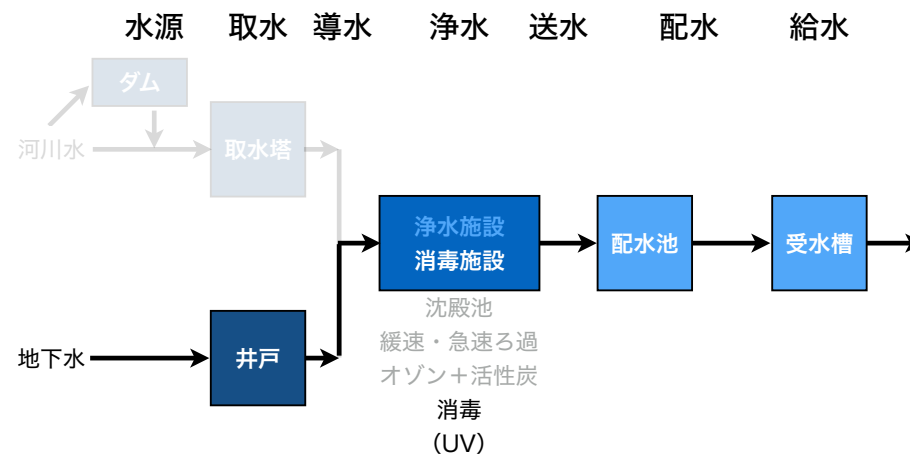
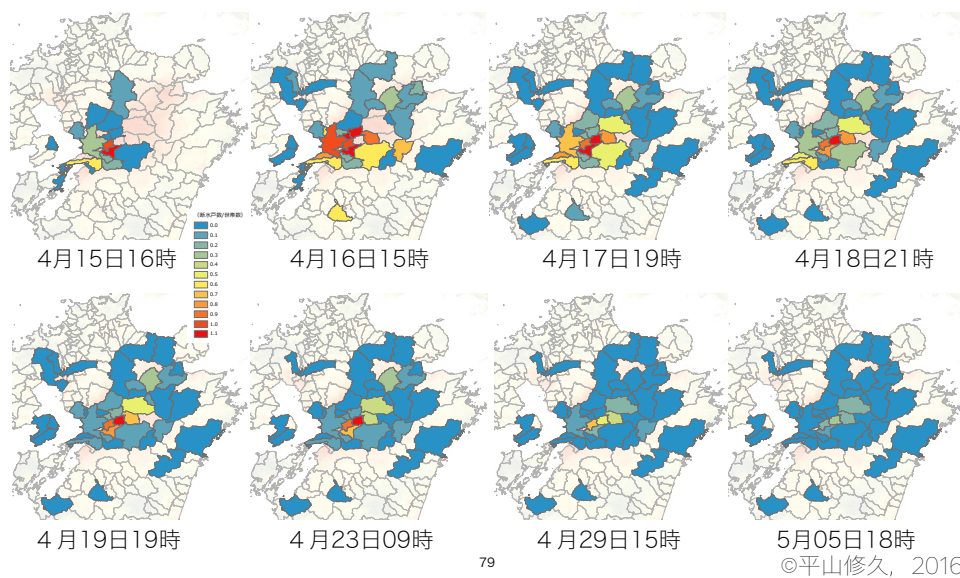
©小仲，2016



©小仲, 2016



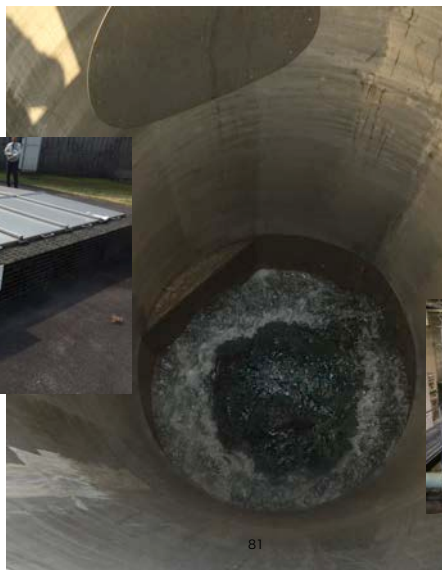
©小仲, 2016



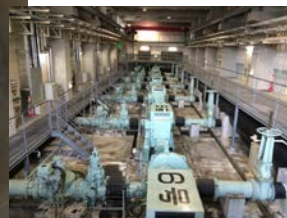
熊本の水道



緊急遮断弁



81

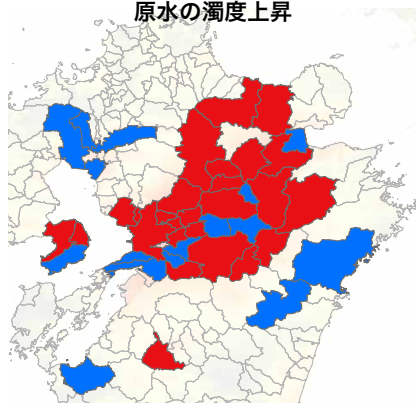


ポンプ室

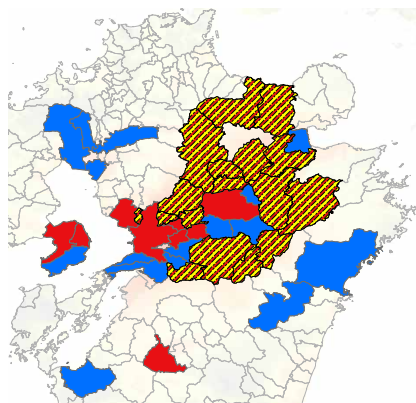
原水の濁度上昇と摂取制限

飲用不可

原水の濁度上昇



■ 原水濁度上昇なし
■ 原水濁度上昇あり



■ 摂取制限 ■ 原水濁度上昇なし
■ 原水濁度上昇あり

あなたならどうする？

あなたは水道技術管理者です。地震後、原水の濁度が上昇し、配水・給水の水質が、水道水質基準（濁度2度以下）に適合することができません。

A.給水停止（断水）する。

B.摂取制限を伴う給水継続を行う。

課題_第4回

TACTにて提出（締切：5月10日24時）

1. 用語についての説明（2～3行程度）

- 1) 消毒副生成物
- 2) 水安全計画

2. あなたは水道技術管理者です。

地震後、原水の濁度が上昇し、配水・給水の水質が、水道水質基準（濁度2度以下）に適合することができません。あなたは、**A. 給水停止する？ B. 摂取制限を伴う給水継続を行う？**その理由とともに示すこと。