

水と健康

飲み水の水質基準はどのように決めるのか



東京大学 全学自由研究ゼミナール 「水に生きる」

2009.6.12

国立保健医療科学院 水道工学部

浅見真理



水道と皆さんの生活を考えてみましょう

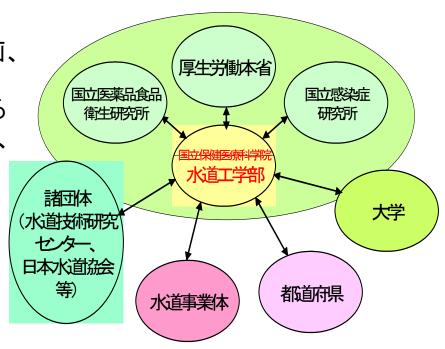
- 皆さんがもし別の場所に生まれていたら...?
- ・ もし50年前の日本に生まれていたら...?
- きっと毎日生活する水を得るため、炊事、洗濯等に、 長い時間を使っていたことでしょう。
- 今日は、世界的な水と衛生の問題、日本に水道がなかったときからどのように普及が進められてきたか、そして現在の日本の水質基準はどのような検討が行われ策定されているのかをお話ししたいと思います。

目次

- 1. 水道工学部紹介
- 2. 世界的な水と衛生の問題
- 3. 日本の水道普及
- 4. 水質基準の設定
- 5. 化学物質事故事例
- 6. 新項目の課題(塩素酸、過塩素酸、NDMA)
- 7. 微生物の課題
- 8. まとめ

1. 国立保健医療科学院 水道工学部は・・・

- 厚生労働省の研究機関で、国立で唯一の水道関係の研究機関です。安全で良質な水道水を供給するための工学的な技術につき、教育研修と試験研究を行っています。
- 対象分野は、社会の変化に対応した水道の計画、 渇水・地震・水質汚染事故等に備えるための危 機管理対策、水道水の化学物質や微生物による 汚染の健康リスク評価と管理、水道水源の保全、 新しい浄水技術、水源から給水装置までの総合 的な水道水質管理等です。
- 国の水道行政等における基準や技術指針の策 定にも寄与しています。
- またWHO(世界保健機関)よりCollaborating Center for Community Water Supply and Sanitationとして指定されており、開発途上国の人々も水道の恩恵が受けられるよう国際的な研究・協力事業を行っているほか、WHOのOperation & Maintenance Network の企画運営なども行っています。



行政サポート 研究

教育研修

国際協力

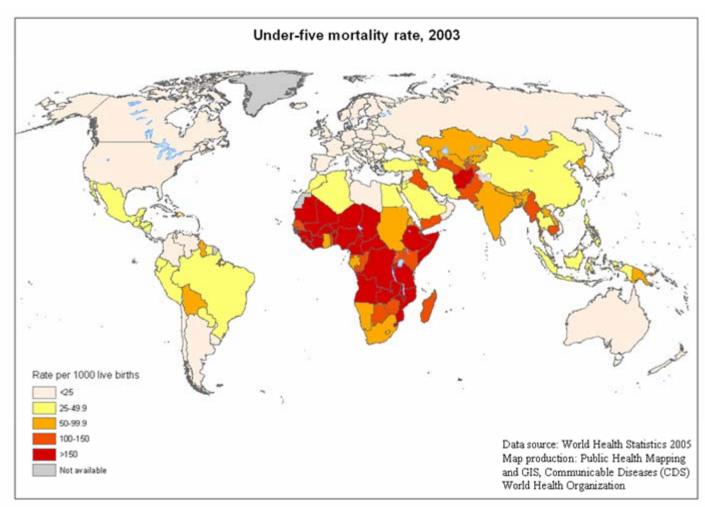
4

2. 世界的な水と衛生の問題

安全な飲料水供給および基本的な衛生設備を継続的に利用できない地域が顕在化しており、人々の生命や健康に対する重大な脅威となり続けている。全世界で、下痢性疾患(コレラを含む)への罹患により年間180万人が死に至っている。そのうち90%は5歳以下の乳幼児であり、多くは途上国で発生している。特に、サハラ以南(Sub-Saharan Africa)の国々においては、5歳以下の乳幼児の死亡率が1000人中150人を超えている状況にある。

(WHO,2003)

世界各国の5歳以下乳幼児の死亡率(2003年)

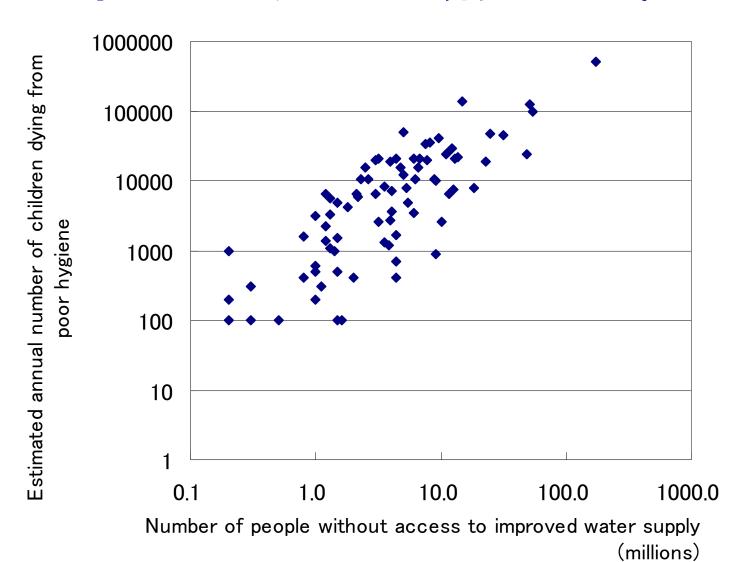


The boundaries and names shown and the designations used on this map do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the World Health Organization concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries.

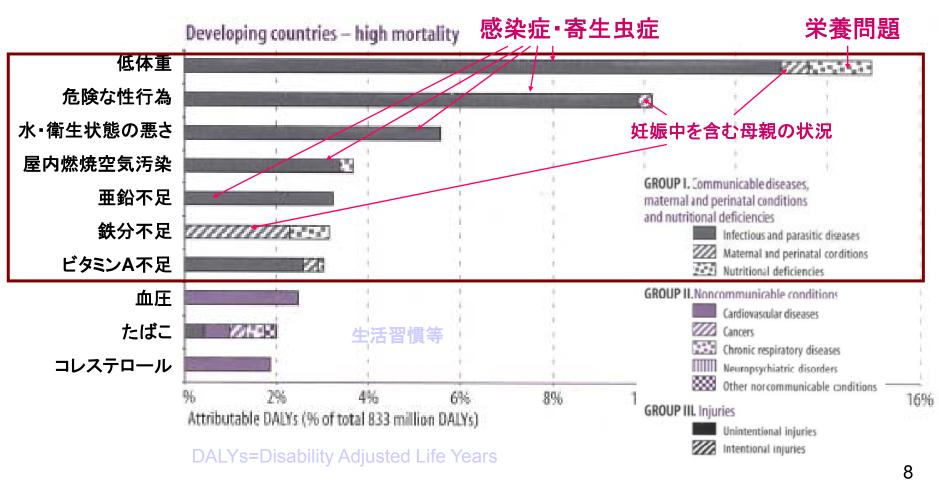
Organization

World Health

水へのアクセスと幼児死亡率

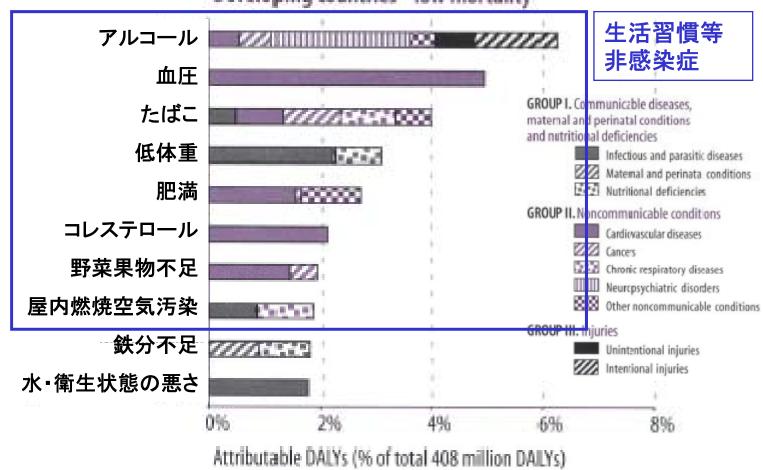


死亡率の高い発展途上国の 疾病負荷(Disease Burden)上位10

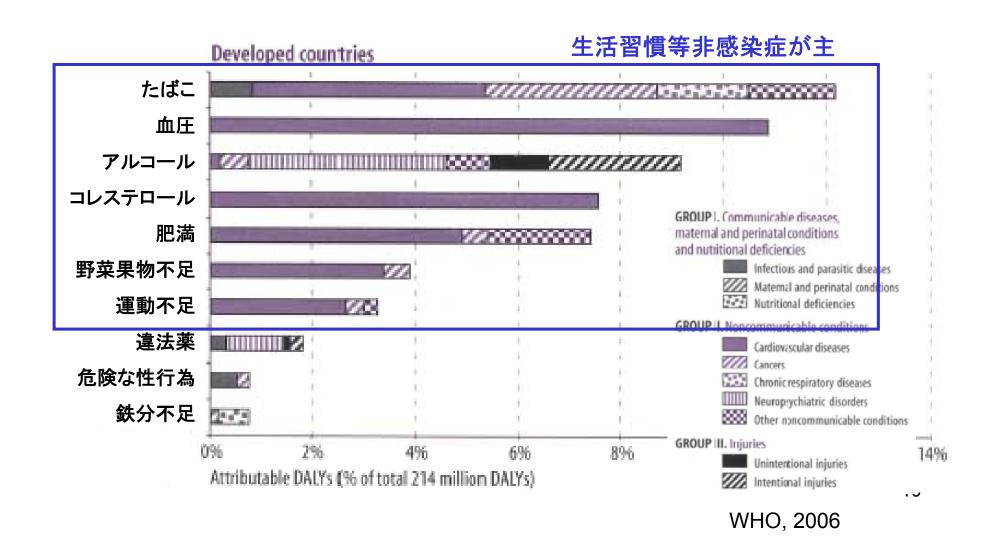


比較的死亡率の低い発展途上国の 疾病負荷上位10

Developing countries -low mortality

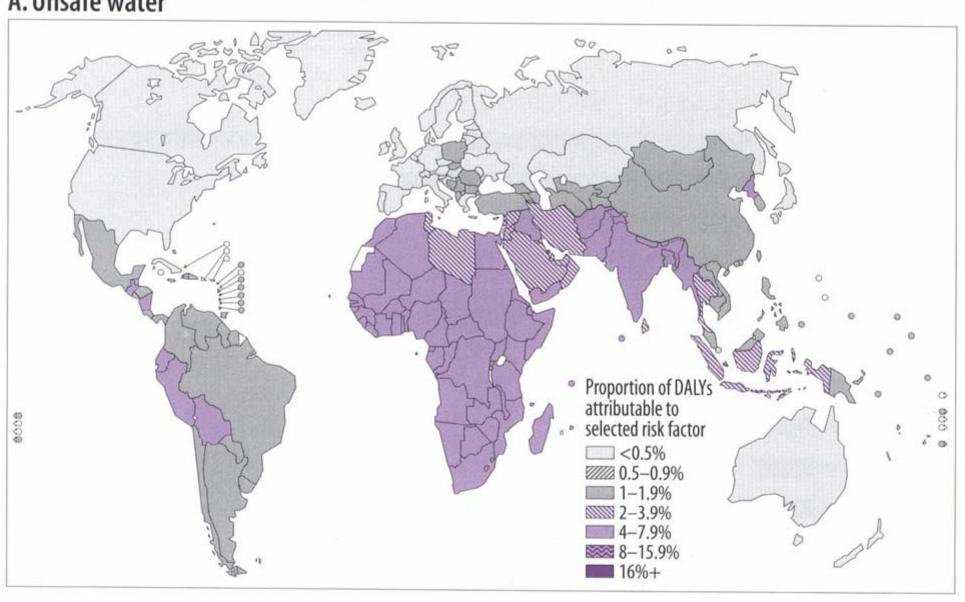


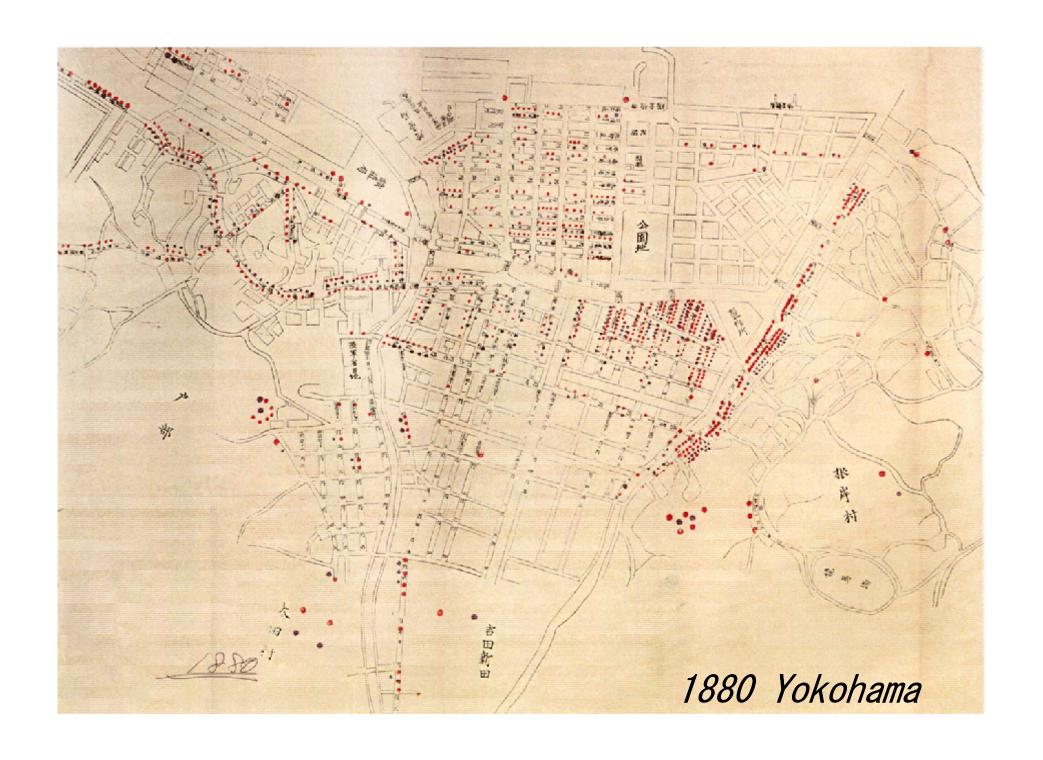
先進国の疾病負荷上位10

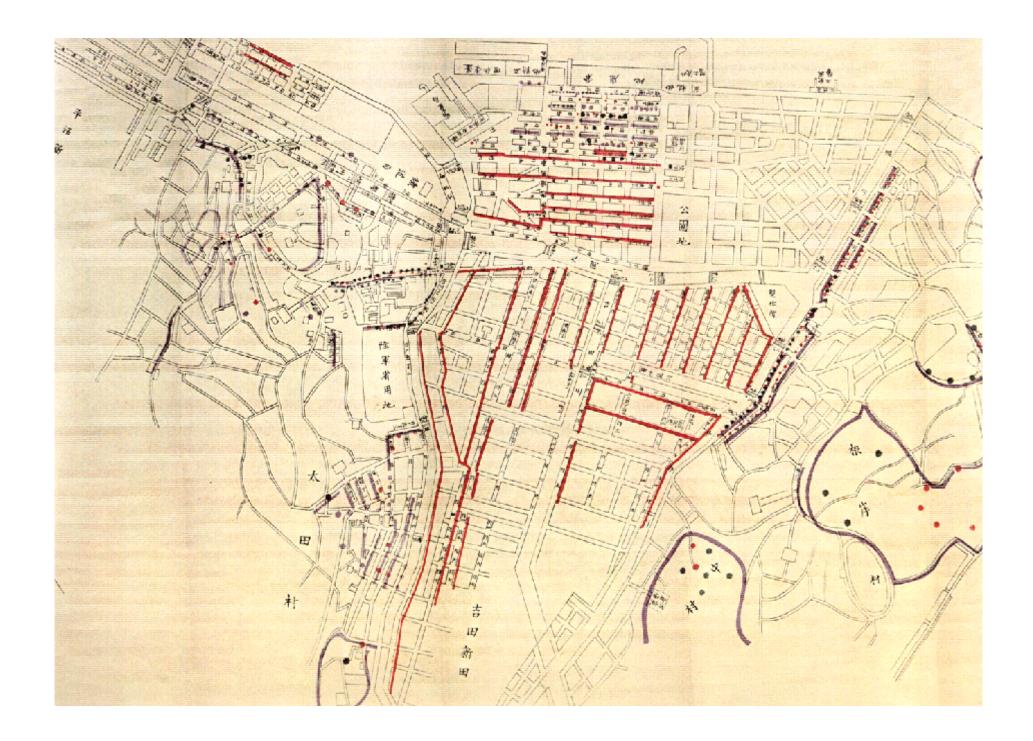


水に起因する疾病負荷の高い地域

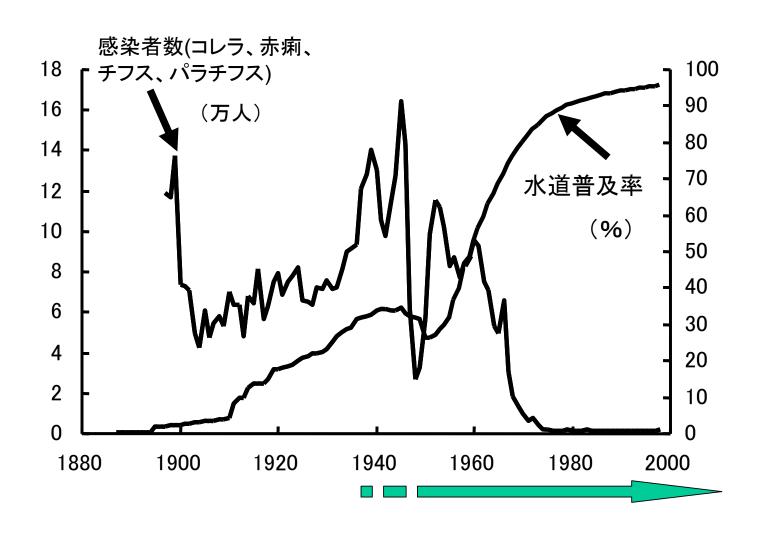
A. Unsafe water







日本の感染症患者数と水道の普及率の推移

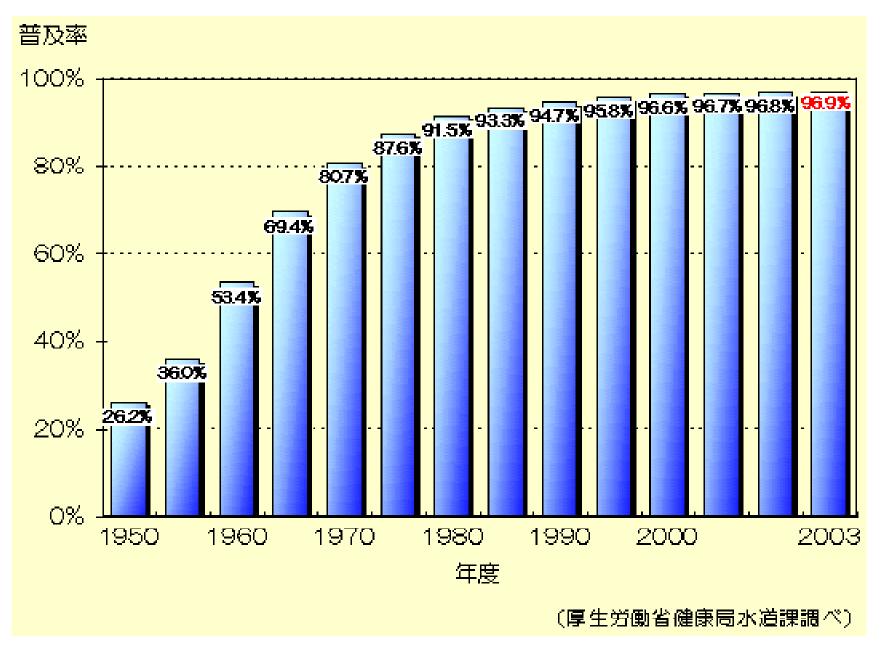


生活と水 Water and Our Life

- 制作委託:厚生省 1952
- 企画•制作 岩波映画製作所
- プロデューサー: 小口禎三
- 企画 脚本 監督 : 羽仁 進
- 撮影: 栗林 実
- 録音:桜井善一郎
- DVD版制作:岩波映像株式 会社



- この映画は、水道特に町村の簡易水道の啓発普及を目的として、 厚生省後援の下に製作したものである。現地撮影に主眼が置かれ、東京近郊の山梨・長野・新潟・福井・愛知の各県において撮影が行われ完成した。
- ・ 映画はまず水道のない生活がいかに非衛生的で、かつ不便であるかを各地の実例により捉えている。多くの人に安全な水を豊富に供給するためにつくられた水道は、従来大都会のみのもののように考えられがちであった。しかし、規模は小さくも完全に管理された水道が設けられている。その中から一つの村を例にとっても、いかに生活が明るくなっているであろうか。ここから映画は終結部に入り、各地町村における水道建設の作業が多くの困難を克服しながら希望に近づいていることを表現し、さらに多くの水道が日本全国に必要であることを強調して終わる。
- 特に水道の問題を広い生活との関連で立体的に捉えている点、 水道には維持管理が必要であることを表現している点、国庫補助 が町村の水道にも与えられることを明示している点等から実際の 啓発指導にあたり有効な作品であろう。



4. 水質基準の推移

- 明治期より上水試験方法(日本水道協会)、飲料水検査法(薬学会)、常水試験方法(日本薬局方)などの「水質判定基準」が戦後まで推移。
- 水道法制定(昭和32年)
- 昭和33年7月 施行
- 昭和41年5月 26項目 陰イオン界面活性剤等追加
- 昭和53年8月 26項目 カドミウム追加等
- 平成4年12月 46項目
 - 有機塩素化合物等(トリハロメタン、ベンゼン含む)、農薬、セレン追加、ヒ素基準 値強化等
- 平成14年3月 46項目 鉛基準値強化
- 平成15年5月 50項目 項目見直し(臭素酸等)
- 平成20年4月 51項目 塩素酸追加
- 平成21年4月 50項目 1,1-ジクロロエチレン削除

水質基準50項目の内訳

•	病原生物の代替指標	2項目
•	無機物/重金属(ヒ素・硝酸など)	10項目
•	有機物(溶媒などの化学物質)	7項目
•	消毒副生成物	11項目
•	着色(アルミニウム・亜鉛など)	5項目
•	味(塩化物イオンなど)	5項目
•	かび臭•臭気	3項目
•	発泡(界面活性剤)	2項目
•	基礎的性状	5項目

水道水質基準制度

最新の知見により常に見直し (逐次改正方式)





- •水道事業者等に<u>遵守義務·検査義務</u>有り(法§20、 検査回数の減等について考え方を提示)
- 重金属、化学物質については浄水から評価値の ➡️ 10%値を超えて検出されるもの等を選定
 - •健康関連30項目+生活上支障関連20項目

水質管理目標設定項目 (15年局長通知)



・水質基準に係る検査等に準じた検査を要請(水道課長 通知)

- •評価値が暫定であったり検出レベルは高くないものの 水道水質管理上注意喚起すべき項目
- ・健康関連15項目(農薬類102物質1項目を含む) + 生活上支障関連13項目





- •毒性評価が定まらない、浄水中存在量が不明等
- ・全44項目について情報・知見を収集

水質基準(健康に関連する項目) 30項目

No	項目	基準値 (mg/l)	No	項目	基準値 (mg/l)
1	一般細菌	100個/ml	16	ジクロロメタン	0.02
2	大腸菌	不検出	17	テトラクロロエチレン	0.01
3	カドミウム	0.01	18	トリクロロエチレン	0.03
4	クロム(6価)	0.05	19	ベンゼン	0.01
5	水銀	0.0005	20	塩素酸	0.6
6	セレン	0.01	21	臭素酸	0.01
7	鉛	0.01	22	クロロホルム	0.06
8	ひ素	0.01	23	ジブロモクロロメタン	0.1
9	シアン	0.01	24	ブロモジクロロメタン	0.03
10	硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	10	25	ブロモホルム	0.09
11	ふっ素	0.8	26	総トリハロメタン	0.1
12	ほう素	1	27	クロロ酢酸	0.02
13	四塩化炭素	0.002	28	ジクロロ酢酸	0.04
14	1,4-ジオキサン	0.05	29	トリクロロ酢酸	0.2
15	1,2-ジクロロエチレン	0.04	30	ホルムアルデヒド	0.08

水質基準(性状に関連する項目)

No	項目	基準値 (mg/l)	No	項目	基準値 (mg/l)
31	亜鉛	1	41	非イオン界面活性剤	0.02
32	アルミニウム	0.2	42	フェノール類	0.005
33	塩素イオン	200	43	2-メチルイソボルネオール	0.00001
34	硬度(Ca,Mg)	300	44	有機物(TOC)	3
35	鉄	0.3	45	味	異常でない
36	銅	1	46	色度	5度
37	ナトリウム	200	47	臭気	異常でない
38	マンガン	0.05	48	蒸発残留物	500
39	陰イオン界面活性剤	0.2	49	濁度	2度
40	ジェオスミン	0.00001	50	рН	5.8-8.6 22

水道水質基準項目の性質

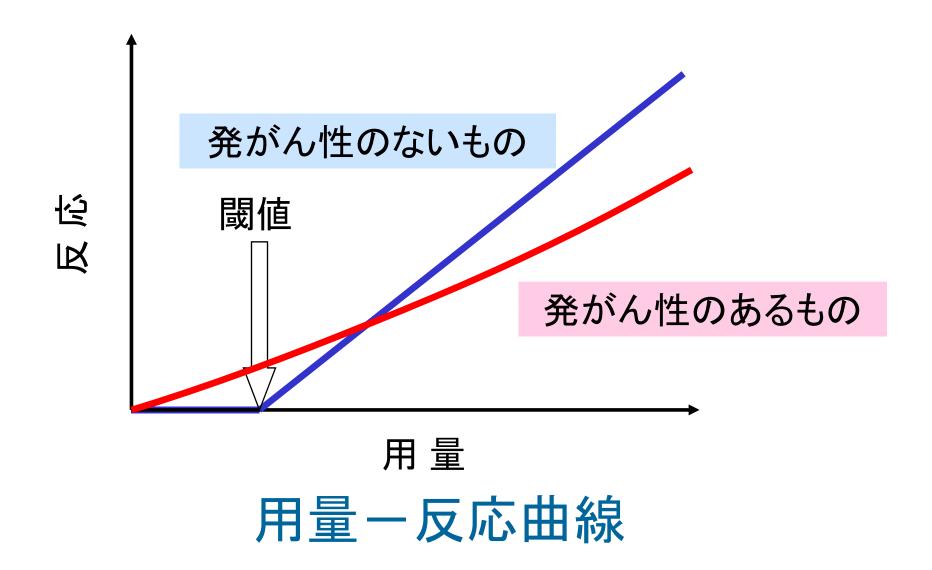
- ■微生物汚染の指標
- ■事故や中毒が起こり、昔から基準化されてき た項目
- ■疫学調査により有害性が示された項目
- ■動物実験により有害性が示された項目
- ■色やにおいなど快適性に関する項目
- ■浄水処理の指標となる項目
- ■水道施設の保全に必要な項目

水道水質基準での化学物質に関する 毒性評価(評価値の算定)方法

- WHO飲料水水質ガイドライン、国際化学物質安全計画 (IPCS)環境保健クライテリア等による情報の活用
- 閾値があると考えられる物質

最大無毒性量(NOAEL)を不確実係数(100又は1000)で除して耐容一日摂取量(TDI)を求める。寄与率(水道水による曝露割合)は10%(消毒副生成物は20%)を基本とした。

- 閾値がないと考えられる物質(遺伝子障害性の発がん物質等) 生涯リスクの増分を10⁻⁵として実質安全投与量(VSD)を決定。 動物実験による場合は、線形多段階モデルを用いていたが、 最近ではベンチマークドーズを用いる(10倍以上異なる場合も)
- 一人一日当たり水摂取量: 2L、平均体重: 50kg
- 海外の規制状況、実現性も参考とする。



健康影響評価に基づく評価値の算定

発がん性のないもの(閾値のあるもの)

評価値(mg/L) = 耐容一日摂取量(mg/kg·日) ×50kg×寄与率(-)÷2L/日

ここに、一日耐容摂取量(mg/kg・日) = 最大無毒性量(mg/kg・日)÷不確実係数(-) 不確実係数:100又は100以上の数値 寄与率:水道水の場合は0.1(10%)が標準値

発がん性のあるもの(閾値のないもの)リスクレベル 10⁻⁵

発がんリスク10-5とは

日本全体での影響人口 = $(1.26 \times 10^8) \times 10^{-5} \div 70 = 18$ 人/年

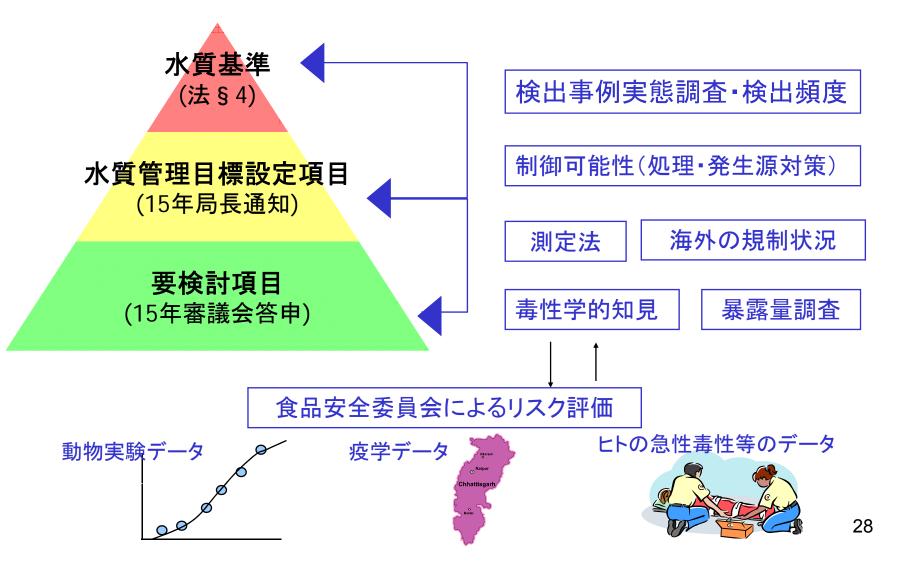
条件: 総人口 1億2,600万人

平均寿命 70歳

「すべての日本人が、ある特定の物質が基準値と同じの濃度で含まれる水を、生涯にわたって毎日2Lずつ飲み続けた場合、それに起因する新たながんの発生が、日本全国で年18人程度」=「実質的安全」、「検出できないレベル」に相当する

0

水道水質基準制度を支える情報



最近の水質基準等の改正について

厚生労働科学研究や食品安全委員会答申、WHOの動向など、 新たな科学的知見に基づき以下のとおり改正 H21.4月より施行

(水質基準項目)

TOC (基 5mg/l)	・KMnO4消費量との相関やTHM類抑制の観点から、「3mg/以下」に <u>強化</u>
1,1-ジクロロエチレン (基 0.02mg/l)	·食品安全委答申を踏まえ、水質管理目標(目標値0.1mg/l)に格付け変更
1,2-ジクロロエチレン (基&目	·食品安全委答申を踏まえ、基準値を <u>cis、trans</u> <u>合算に変更</u>
0.04mg/I)	29 29

農薬類の分類と位置づけ

水質基準

水質管理目標設定項目

(農薬類)

第2候補群

第3候補群

水質基準への分類要件に適合する農薬 があれば、個別に水質基準を設定するこ ととなっている(現在は**該当無し**)

- ・測定方法があり、かつ、国内推定出荷量が50トン/年以上又は検出されているもの
- •下式の**総農薬方式**で管理(検出値と評価値の比の総和)で管理

$$DI = \sum_{i} \frac{DV_{i}}{GV_{i}} \le 1$$

現在のところ水道水に適した測定方法がないが、国内推定出荷量が50トン/年以上

国内推定出荷量が50トン/年未満

2005-2007年の101農薬の検出状況

検出率の観点から

監視の重要度が高い

フェノブカル ブ ベンタゾン

プレチラクロール

ブロモブチ ド トリシクラゾー

(厚生労働科学研究「水質基準の見直しに関する研究」農薬班報告より)

監視が必要

イソプロチオ メタラキシ シメトリ

ギプロベンホ ゼロキロ 赤地チル

クロロネブ ダダロベニル ル

フルトラニ ジウロン

個別最大評価値の観点から

監視の重要度が高い

イソプロチオラン

ピリダフェンチオン

メフェナセット

フェントエート

カフェンストロール

<u>比較的低い</u>

D-D

クロロピリホ

ジタミホス

ベンフルラリン

ピペロホス

イミノクタジ

ポリカーバメート

チオジカルブ

プロピコナゾール

ピリダフェンチオン

トリフルラリン

5. わが国における 化学物質による井戸水の汚染事故事例

1972年 岐阜県廃止鉱山付近(ひ素)

1974年 福岡県糟屋郡新宮町(アクリルアミド)

1975年 北海道夕張(六価クロム)

1985年 三重県熊野(エルサン、マンネブ)

1986年 長野県南高来郡有明町(クロルデン)

1987年 愛媛県松山市(六価クロム)

1988年 横浜市戸塚区阿久和川(シアン)

1988~1990年 静岡市内(トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、のちに全国的な調査に波及)

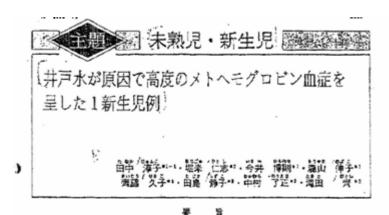
1989~93年 沖縄県(硝酸)

1994年 三重県員弁郡藤原町(ひ素)、1996年北関東(硝酸)

2003年 茨城県神栖町(ジフェニルアルシン酸)

赤字は明らかな健康被害があったもの。32

井戸水中の硝酸を原因とする高度のメト ヘモグロビン血症を呈した新生児例



環気に用いた井戸水が東陽で高倉のメトヘモグロビン血經(農業58.3%)をきたした新生児病を建設した。急間間にはメチレンブルーの静度が構然し、維持療法としてアスコルビン製の産業財性、リボアラビンの内臓が行われた。神経等的にも子便は食好であった。発起時、メトヘモグロビン産元郎京都住の低下が認められたが、生産もカ月までに五常化し、先天性の酵素欠損は否定された。本創では、建定酵素紙管が生殖的に米島であったことと、現代に用いた井戸水の研放性機度が水消法の基準を上回る実任であったことが原因と呼えられた。研放域は安定な最終度物であり分解していため、井戸水を使用している地域では、開鉄塩減度の高い水は気違しても乳光には与えぬよう注意すべきであると思われた。(小児科教理、は、1964、十世代

A 翻はじめに

メトヘモグロビン(以下 MHD と略す)はヘモグロビンの2価の数が3億に酸化されたものであり、乾素運動験はない。そのため、開始 速度が高度になると、チアノーギの取り職種、暴発力性がみられ、さらに呼吸障害、連携障害を引き起こし、死に至ることもある。MHD 血症の無期は、失天性

50 Words メトヘモデロビン メトヘモデロ ビン灌光酵素活性 功研状 井戸水 節を売 のもの、すなわち MHb 選完部素の交換などと、 使実性のもの、すなわち酸化剤による中毒性のも のとに分けられる。新生児、乳泡では通光神素系 の発達が楽剤なことなどにより、等品に MHb 血 気を発すとられている。今間後々は、新数域を含 人だ弁戸水の摂取が承認で、高度の MHb 血虚を 先した新生児例を経験したので替参する。

「〒306 京城県つくば市天久県2-1-1 東北大学村県内県、小児科 「東京大学知年書祭系」 「東京大学1-2 医空系」 「一様、南西紙 中記報 (〒306 京城県日立市弘川町2-8-16) 小児科臨床 1996

7月号(49巻) 1661-1665

自宅の井戸水中に硝酸 36.2Nmg/I が含まれ、 新生児がチアノーゼ

(北関東)

6. 新項目の課題

(1)臭素酸 新基準値の16.8倍!

 平成16年4月 北海道本別町簡易水道にて 0.147mg/I(基準値0.01mg/Iの14.7倍)
 の臭素酸検出

• 再検査で0. 168mg/I(基準値の16. 8倍)

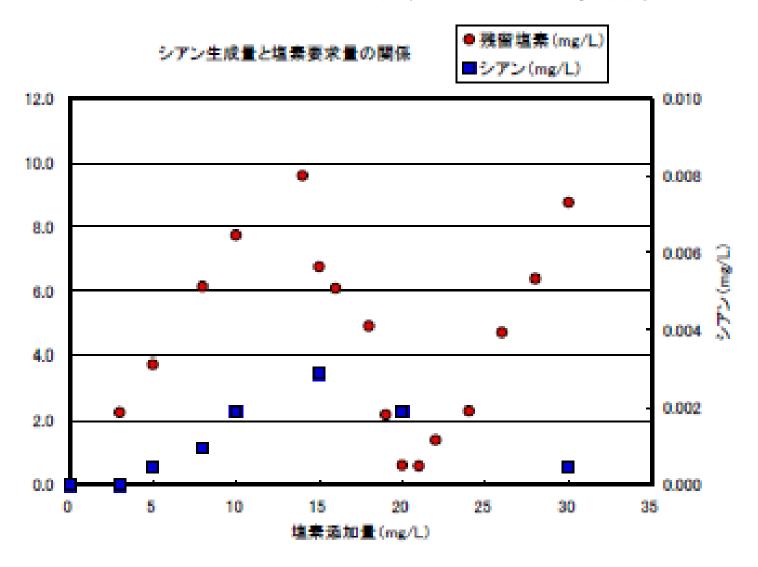
原因と対策

- 臭素酸は、平成15年の改正で基準項目となった消 毒副生成物(発がん性物質)
- ①オゾン処理②環境汚染(パーマネント剤など)③次亜塩素酸ナトリウム中の不純物
- 住民に対する用途制限(飲用以外に使用)を実施
- ・ ポリタンク配布による各戸給水の実施(1週間)
- ・ 原水・浄水薬品中の臭素酸濃度を調査
- 臭素酸含有量の少ない次亜塩素酸ナトリウムに変更し、末端給水栓において基準適合後に給水再開

(2)塩素酸(CIO₃⁻)

- ■塩素酸(水中ではイオンとして存在、化学式:CIO3)は、二酸化塩素の不純物として水質管理目標設定項目に挙げられていたが、次亜塩素酸の影響による検出例が多いことから、平成20年4月より水道水質基準化
- ■酸化力により赤血球にダメージを与える
- ■水道の寄与率は80%に設定されている。
- ■日本の基準値600µg/L、WHO700µg/L、カリフォルニア州環境健康影響評価局200µg/L(意見)
- ■薬品基準 最大注入率で500µg/L(将来的には 400µg/L)

シアン生成量と塩素添加量の関係

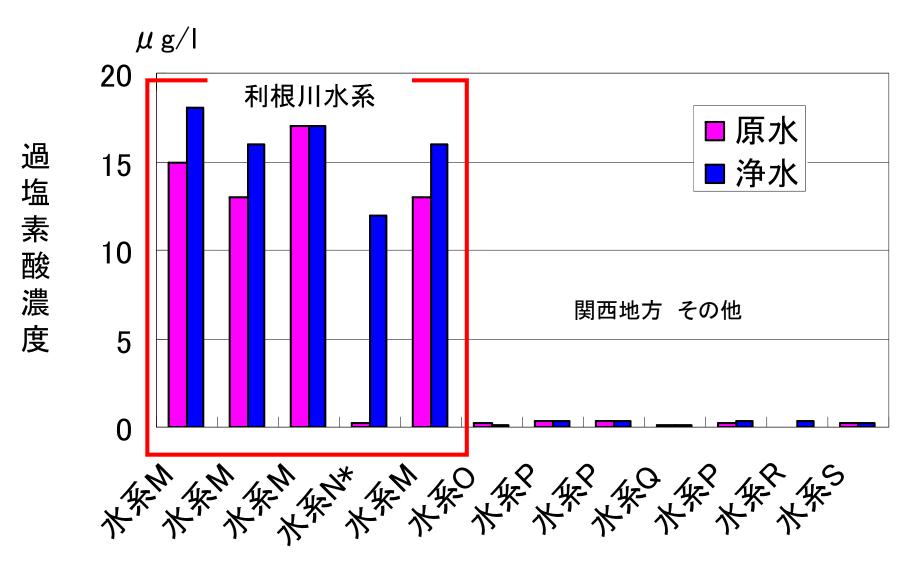


伊藤ハム(株)東京工場における専用水道の水質調査検討結果、2008.12.5 同社ホームペー33

(3)過塩素酸(CIO₄-)

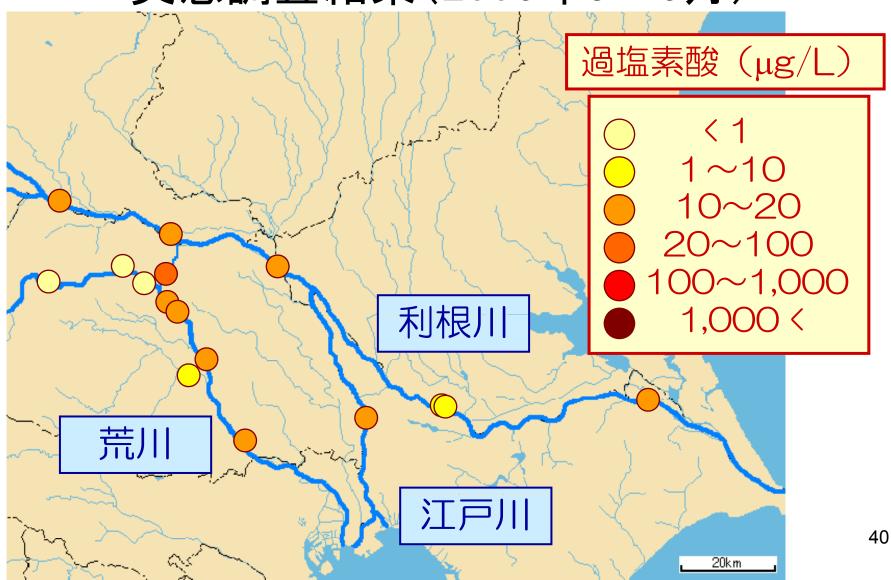
- ■要検討項目に追加
- 過塩素酸(水中ではイオンとして存在、化学式:CIO4) は、ロケットやミサイルの推進剤、エアバッグ、火薬等
- 甲状腺におけるよう素の取り込みを抑制
- ■胎児の神経の発達に影響するという観点も
- カリフォルニア州基準6 µg/L、他幾つかの州では、1~18 µg/Lの範囲で基準・勧告
- EPAは、健康勧告濃度として15µg/L
- ■日本では2006年より利根川水系、幾つかの工場排水 で検出
- ■一般的に日本人はよう素の摂取量が多いことから、よう素の取込抑制寄与は評価する必要がある 38

水道原水・浄水における過塩素酸の検出



*:水系N 浄水は水系Mのものを混合

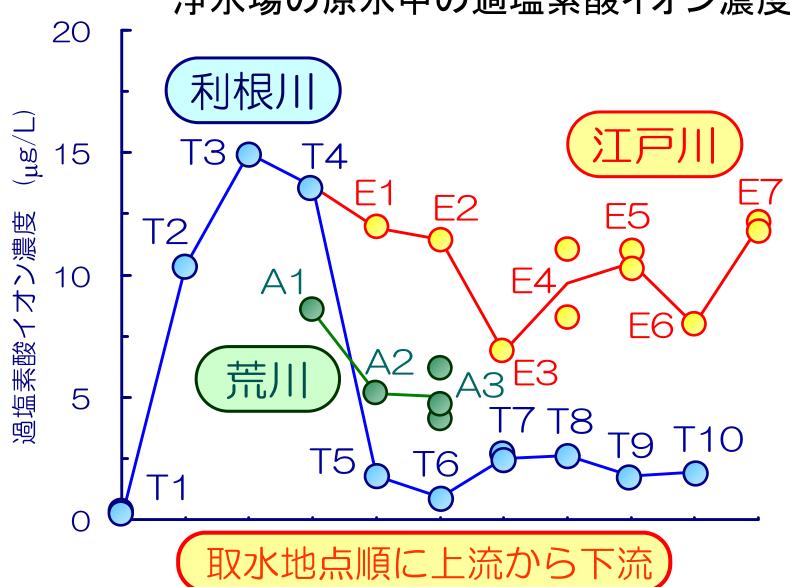
利根川中・下流域における過塩素酸の実態調査結果(2006年3~6月)



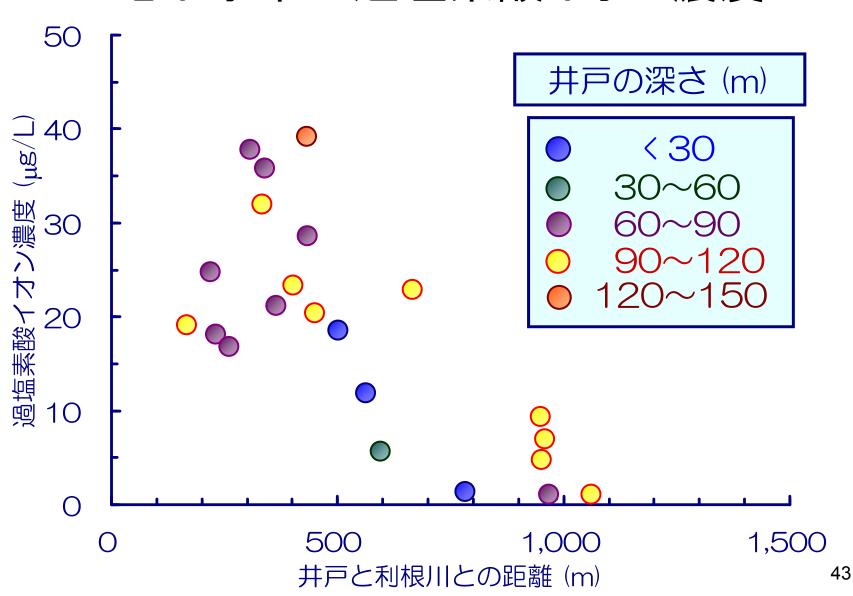
利根川流域浄水場調査の区分



原水が利根川、荒川、江戸川である 浄水場の原水中の過塩素酸イオン濃度



地下水中の過塩素酸イオン濃度

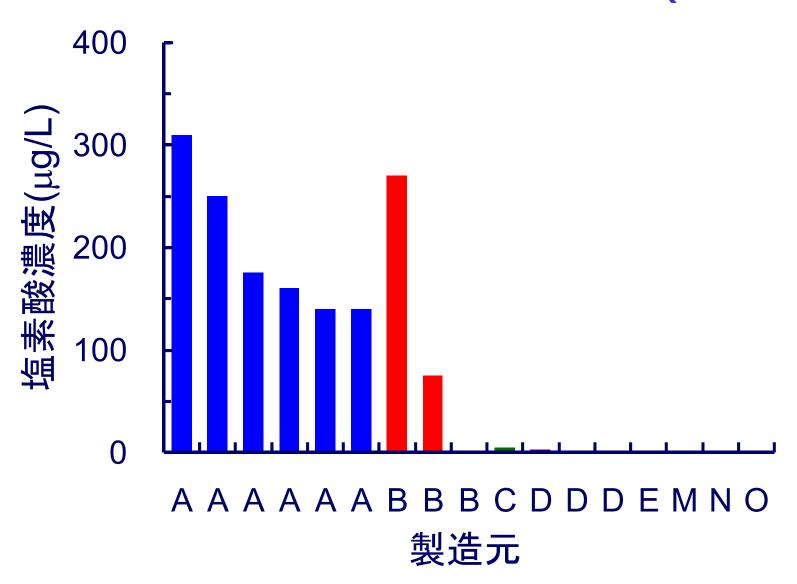


ボトル飲料中の塩素酸濃度

区分	検出率	最高値	濃度範囲 (μg/L)の試料数			
		(μ g/L)	<10	<100	<600	600≤
水道ボトル水	5/5	120	0	4	1	0
ナチュラル水	34/49	100	46	2	1	0
ボトル水	9/10	110	8	1	1	0
お茶類	23/25	700	23	1	0	1
清涼•炭酸飲料	14/17	310	9	1	7	0

ナチュラル水のうち≥10 µg/Lであった3試料は、水道水を使用、または塩素処理を行っており、ボトル水に分類すべき試料 44

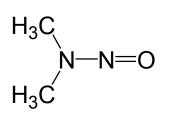
清涼・炭酸飲料中の塩素酸濃度(製造元別)



(4)水道原水・浄水中のNDMA全国調査

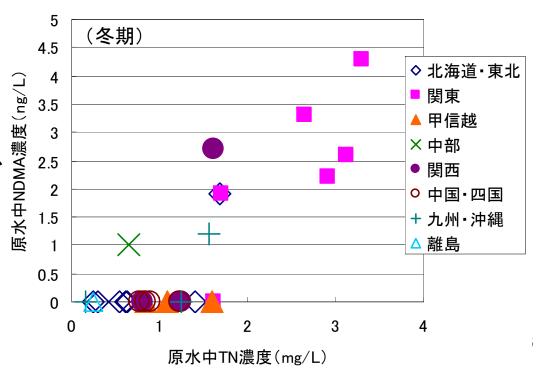
NDMA(N-ニトロソジメチ

ルアミン)とは1960年代よ り発がん性物質として知ら れ、食品、タバコ、工業製 品などが発生源とされてき た。1990年代にカナダ、ア メリカで(結合)塩素処理 副生成物として検出され、 国内の実態が分かってい なかった。関西地方のオゾ ン処理水、関東地方の大 河川で高い傾向にあるこ とを示し、要検討項目に入 れられることとなった。

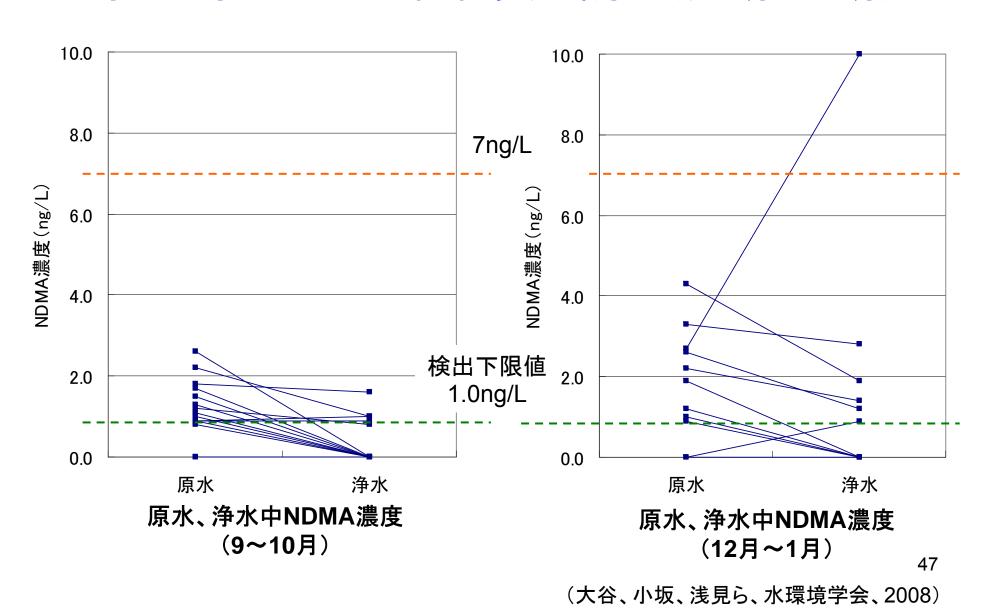


NDMA

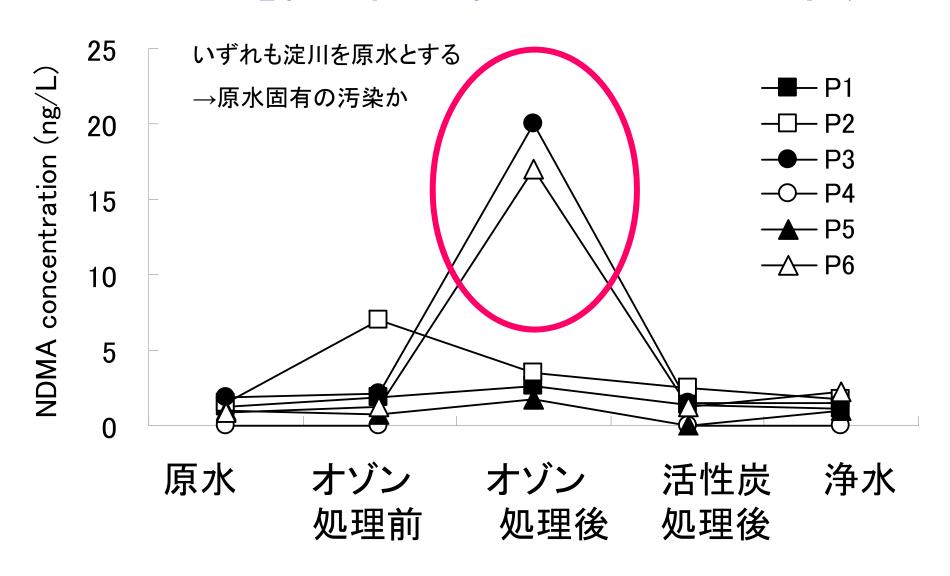
USEPA:7ng/L (10⁻⁵ cancer risk) WHO GL:100ng/L (十倍以上の差!)



原水·浄水NDMA存在実態調査(夏期·冬期)



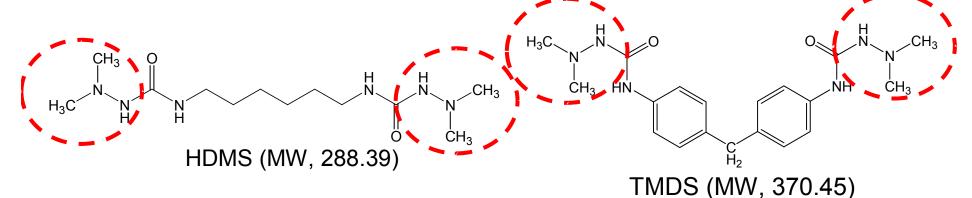
オゾン処理を含む浄水過程におけるNDMAの挙動



(大谷、小坂、浅見ら、水道研究発表会、2008)

同定された退色防止剤

4,4'-ヘキサメチレンビス(1,1-ジメチルセミカルバジド) (HDMS) 1,1,1',1'-テトラメチル-4,4'-(メチレンジ-p-フェニレン)ジセミカルバジド(TMDS)



物質略称	HDMS	TMDS	
用途	黄変色(退色)防止剤		
年間生産量(ton)	100	150	
A下水処理場流入水中濃度(μg/L)	2.0	4.5	

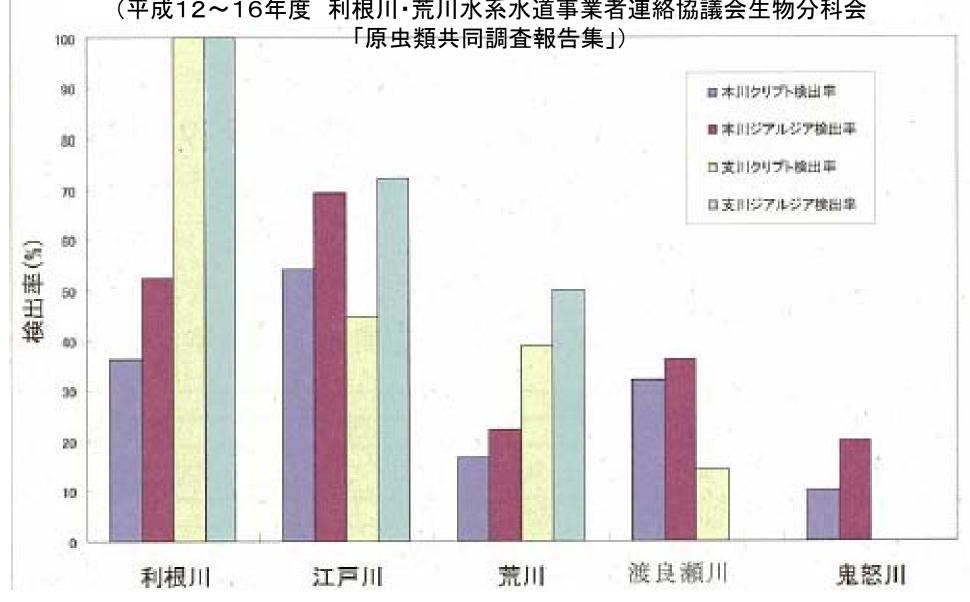
NDMAの検出状況と生成特性

- 淀川を原水とするオゾン処理によりNDMA濃度が大幅に増加
- 当該河川上流に位置し、放流水中NDMA濃度が高かった下水処理場1ヶ所において、流入水の一部に高濃度のNDMA 生成能が含まれており、オゾン処理によりNDMA濃度が大幅に増加
- A下水処理場流入水からオゾン処理によるNDMA前駆物質 として2物質(黄ばみ防止剤)を同定
- ある種の下水処理放流水の影響を受ける地域では、原水中 あるいはオゾン処理流出水中の濃度が高くなる可能性
- 塩素処理における生成特性についても検討中

7. 微生物の課題

利根川水系の耐塩素性原虫検出率

(平成12~16年度 利根川·荒川水系水道事業者連絡協議会生物分科会



利根川上流の状況



●A流域の牧場



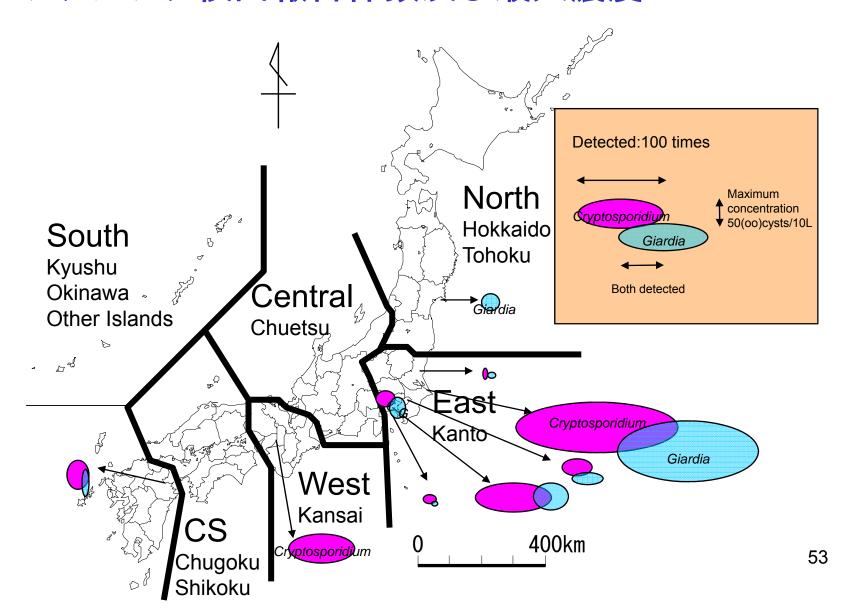
●A流域の牛舎



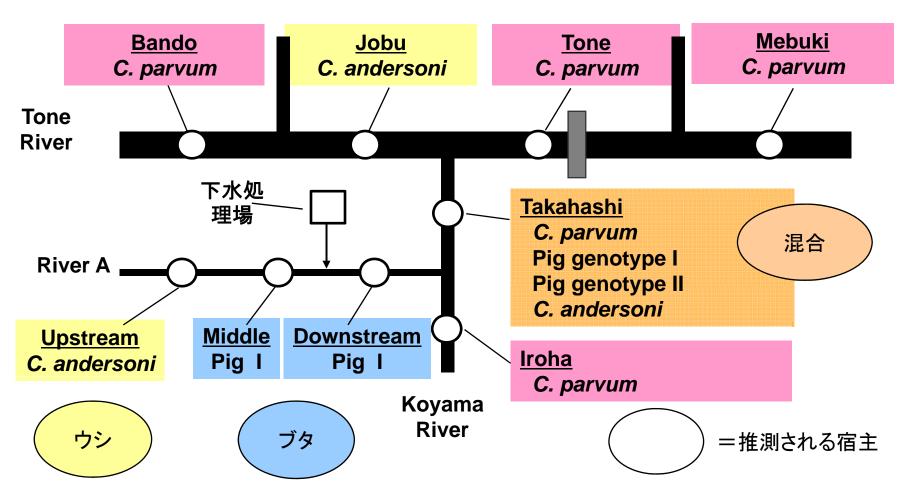
●D流域の豚舎

- •畜舎の廃業、新設
- ・家畜糞尿の処分方法が変化

水系別1998-2007年のクリプトスポリジウム・ ジアルジア検出報告件数及び最大濃度



利根川上流のクリプトスポリジウム遺伝子型



微生物学的安全性は

- 衛生上の措置 塩素消毒の義務で担保。
- 耐塩素性原虫類が検出される恐れがある場合は、ろ過または紫外線消毒を義務づけ。
- ろ過池流出水の濁度管理(0.1度)の徹底→指針
- 浄水から耐塩素性原虫類が検出されると給水停止。
- 実際は、水系感染症はプールや温泉などを介する場合も多い。
- ウイルスも検出されるが、牡蠣に濃縮され生食で摂取する可能性の方がずっと大きい。

8. まとめ 水質基準の設定とは

- 水道水質基準を設定することは、守る体制を作ること。
- ▶ 浄水用薬品や給水管の材質も重要
 →すぐ達成できない場合は猶予期間を設ける必要
- 他の曝露経路からの摂取量も把握する必要。
- ■現状では毒性が曖昧なほど厳しい基準に。
- 厳しすぎる基準は、先進国のエゴ!?
- 特に小規模水道などでコストへの配慮が必要 →公平性とは?
- 評価値と検出値が近い場合は優先的検討が必要。

おわりに

- まず「生きるのに水が必要」!
- 途上国の国際協力には、もっと「水と衛生」の視点、感染症制御の視点を!!
- 地域にあわせた方法を(水道にも井戸から大水道までー自 転車からジェット機まで)!!!
- もっと水問題や環境問題を考えたい方に・・ 「医者、用水路を拓く」(2007) 中村 哲、石風社 「沈黙の春」(1962原作) レイチェル・カーソン、新潮文庫 「奪われし未来」(2001初版) シーア・コルボーン、翔泳社

Thank you!!!