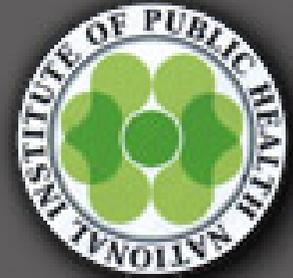


資料-3



# 水道水質管理の現状と課題

## 新水道ビジョン検討会

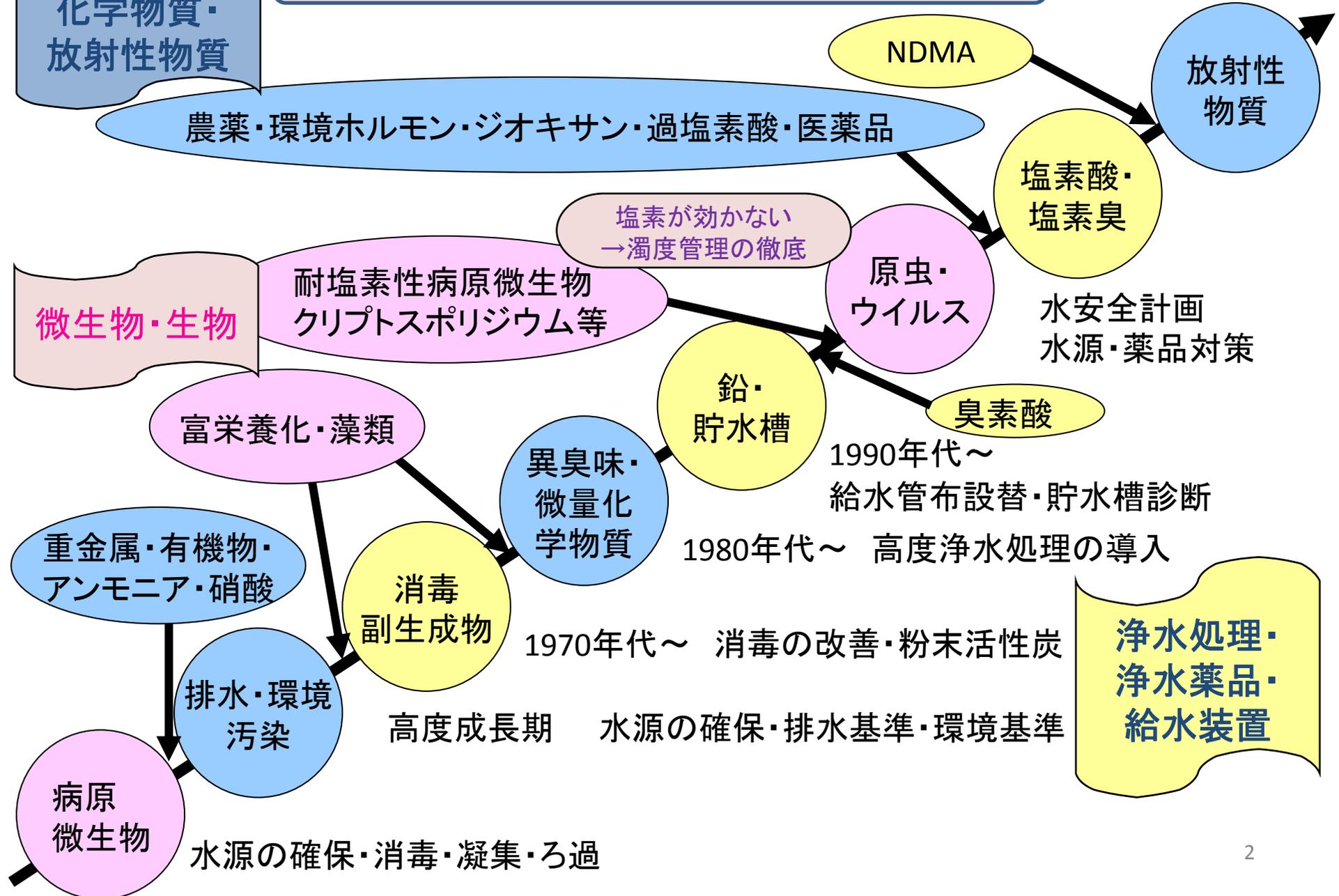
2012. 5. 11

国立保健医療科学院 生活環境研究部

浅見真理

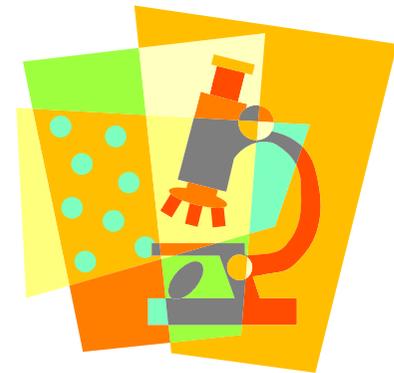


# 水質管理の課題の推移



# 構成

1. 健康危機管理要領に基づく健康被害事例
2. 飲用井戸の事故
3. 水源の微生物汚染の現状
4. 生物による浄水障害
5. 突発的な水質変化とその影響
6. 化学物質汚染とその対策
7. 今後の課題



## 1. 健康危機管理要領に基づく健康被害事例

# 飲料水を介した健康被害事例の内容（H10～H19）

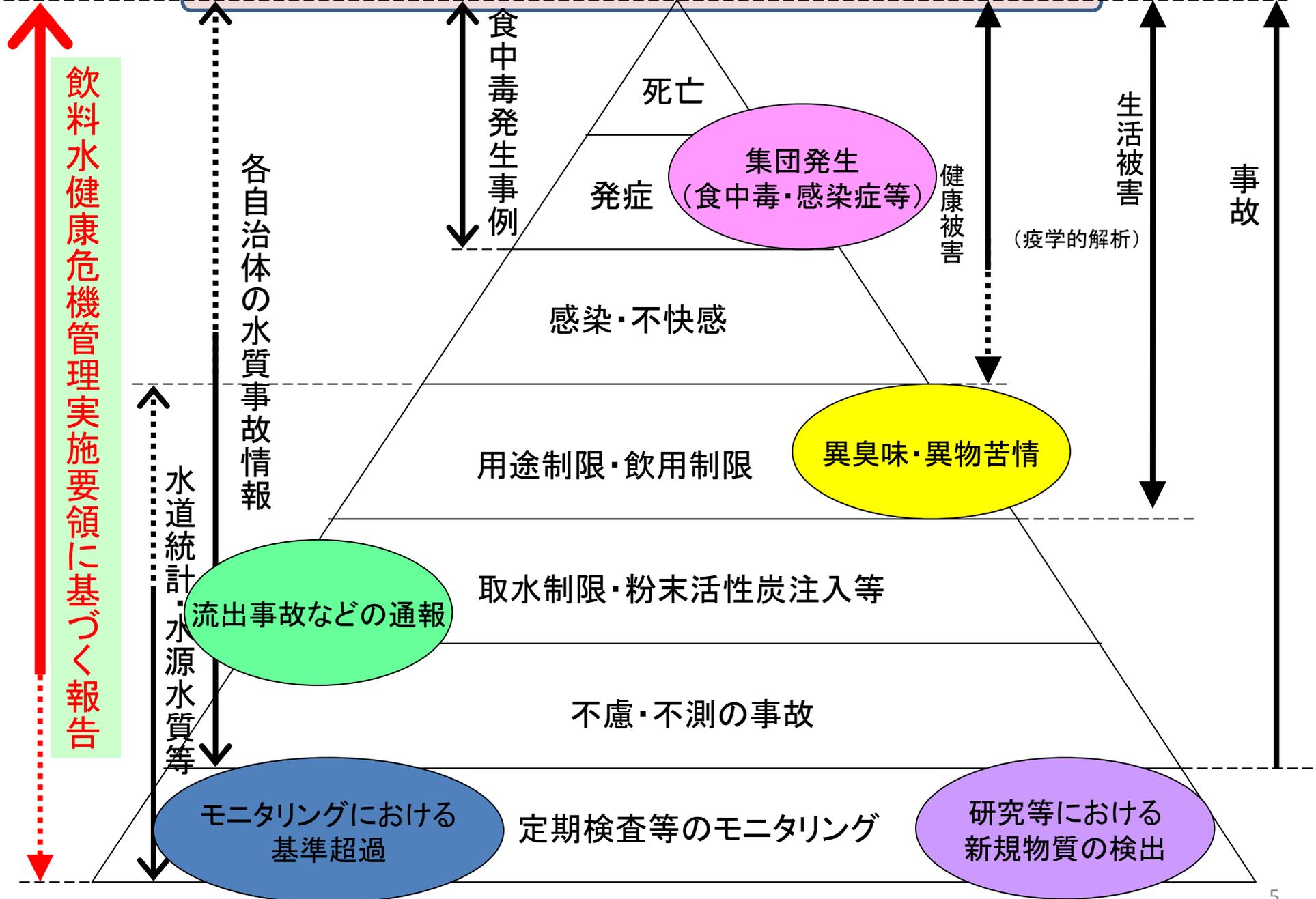
情報源：厚生労働省飲料水健康危機事例報告  
国立感染症研究所感染症情報センター微生物検出情報月報  
厚生労働省食品安全部食中毒発生事例 等

1998～2007の10年間で飲料水によって健康被害が生じたと考えられた事例：**40件（被害者数：3,347人）**

	事例件数	(件数内訳)	患者数	(患者数内訳)
病原微生物	30		2,905	
病原大腸菌		12		959
カンピロバクター		7		453
ノロウイルス		5		430
他		6		1,063
化学物質	3		86	
ジフェニルアルシン酸		1		18
次亜塩素酸ナトリウム		1		67
不明(薬品)		1		1
不明	7		356	
	40		3,347	

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、45, 563-570, 2008

# 飲料水健康危機事例の類型化



飲料水健康危機管理実施要領に基づく報告

水道統計・水源水質等

各自自治体の水質事故情報

食中毒発生事例

死亡

発症

集団発生  
(食中毒・感染症等)

健康被害

(疫学的解析)

生活被害

事故

感染・不快感

用途制限・飲用制限

異臭味・異物苦情

流出事故などの通報

取水制限・粉末活性炭注入等

不慮・不測の事故

モニタリングにおける  
基準超過

定期検査等のモニタリング

研究等における  
新規物質の検出

# 飲料水健康危機事例の類型化

分類	内容	例	影響大
カテゴリー1	健康被害が生じた事例	死亡・発症 ・感染	健康被害
カテゴリー2	日常生活への影響が重篤な事例	給水停止	給水停止
カテゴリー3	生活被害が生じた事例	用途制限・ 飲用制限	用途制限
カテゴリー4	何らかの対応を行ったが、日常生活への影響までに至らなかった事例	取水制限・ 粉末活性炭 投入等	取水停止等
カテゴリー5	異常等が確認されたが、通常管理の中で対応した事例	定期検査等の モニタリング	検知のみ

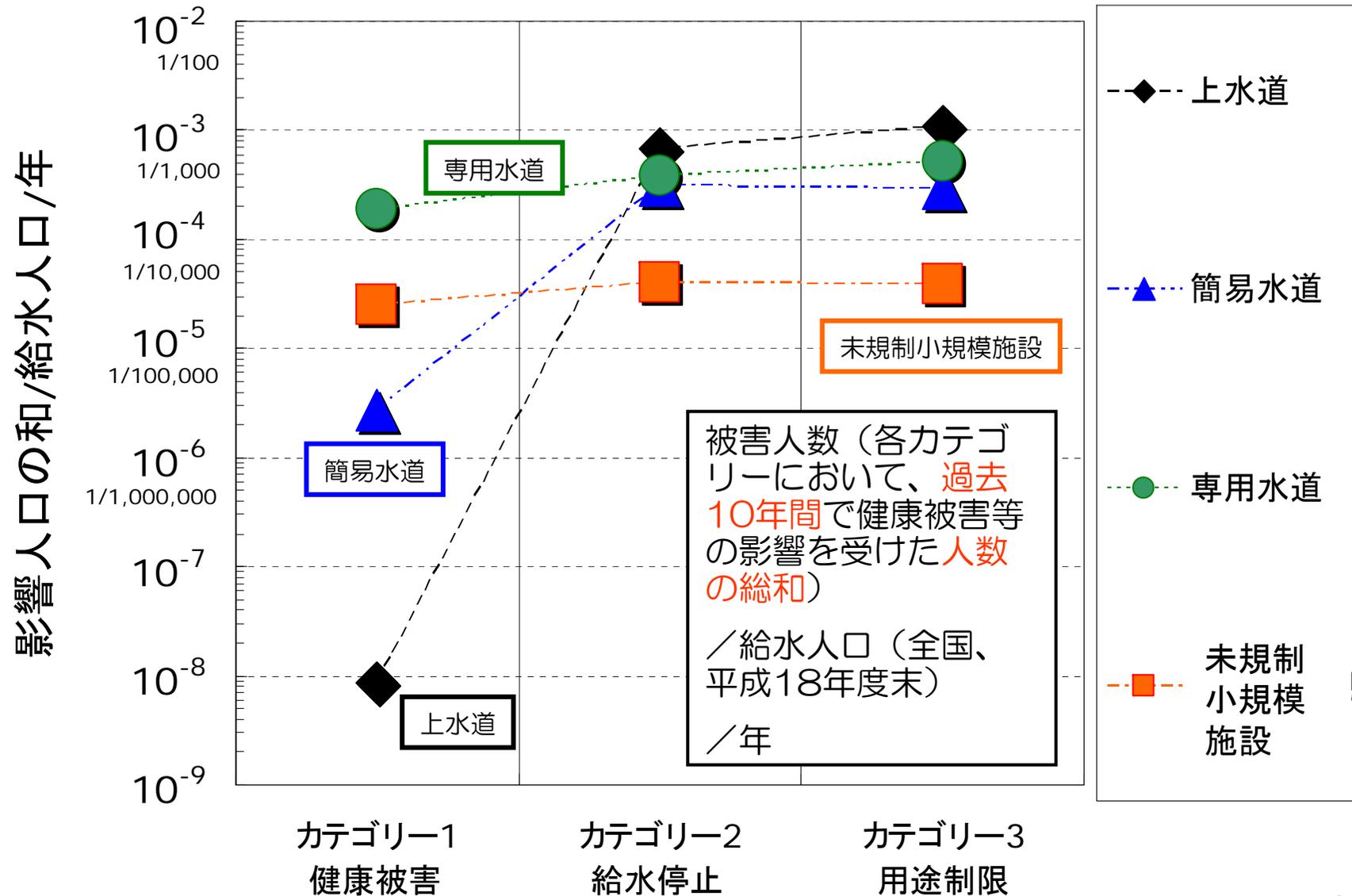
# 未規制小規模施設における飲料水健康危機事例

表 飲料水健康危機事例のカテゴリー別件数

カテゴリー*	上水道	簡易水道	用水供給	専用水道	貯水槽水道	未規制小規模施設
健康被害	1	3	0	5	3	15
給水停止	24	21	3	6	1	16
用途制限	10	13	1	8	3	31
取水停止等	53	14	3	5	0	1
検知のみ	597	55	88	1	0	10
(事例件数)**	684	103	95	20	4	58

病原微生物に関する危機事例が23件、化学物質に関する危機事例が33件  
健康被害が発生したカテゴリー1の全ての事例が病原微生物による食中毒事例  
健康被害患者は総計913人。

# 飲料水健康危機事例でのリスクの比較：結果



# 飲料水健康被害事例発生の背景

## 主な被害発生の原因 1 ～管理（特に消毒）の不備

### ●管理不備

- 長期間清掃されていなかった
- 工事後の洗管作業が不十分
- 凝集不良
- 消毒剤の過注入

### ●消毒装置の管理不備（22件、2699人-全体の8割）

- タンクに塩素が入ってなかった
- 注入ノズルの目詰まり
- 残留塩素0.1mg/L未満
- 消毒装置がなかった（未届施設）
- 残塩濃度検査の未実施

# 飲料水健康被害事例発生の背景

## 主な被害発生の原因2 ～周辺からの汚染

- 井戸の位置が低く汚水が浸入した
- 排水設備の漏水により井戸が汚染された
- 井戸近くのくみ取り便所からの汚染された
- 野鳥などの糞便による汚染の可能性
- 水源付近に排水溝があり汚水浸入の可能性

## 主な被害発生の原因3 ～クロスコネクション等

- 農業用水と誤接合
- バルブ誤操作で誤接合管を經由し実験水混入
- 中水道との誤接合
- 古い貯水槽の隔壁が破損し雑用水が混入

# アメリカ合衆国の飲料水健康被害事例

アメリカ合衆国における過去10年間（1995年～2004年）の飲料水に起因する健康被害事例

計123件、患者数約12,000人

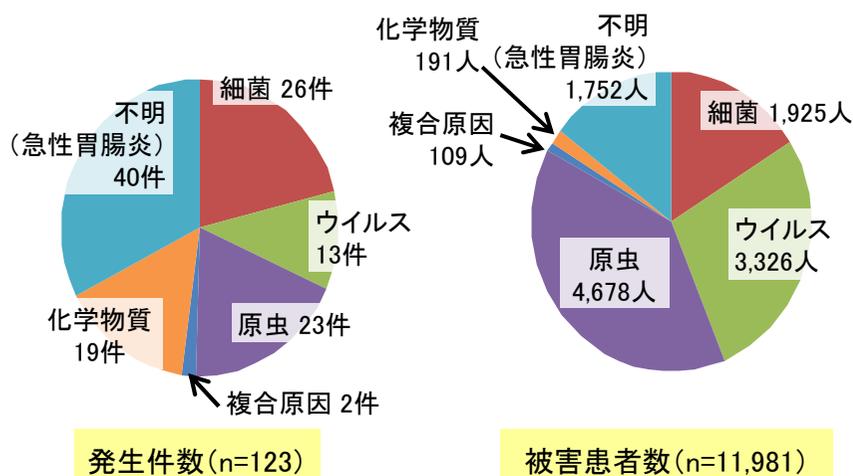


図. 累計健康被害発生件数および被害患者数(1995年～2004年)

表1. 給水タイプ別被害発生件数・割合(1995年～2004年)

	Total		Community		Noncommunity		Individual	
	件数	割合	件数	割合	件数	割合	件数	割合
細菌	26		6	23%	11	42%	9	35%
ウイルス	13		3	23%	10	77%	0	0%
原虫*	23		10	43%	4**	17%	9	39%
複合原因	2		2	100%	0	0%	0	0%
化学物質	19		16	84%	2	11%	1	5%
不明(急性胃腸炎)	40		8	20%	17	43%	15	38%
合計	123		45	37%	40	33%	34	28%

\*ネグレリア・フォーレリを含む、\*\*Noncommunity/Individualを1件含む  
 Community: 一年を通じて15以上の給水栓あるいは平均25人以上に給水  
 Noncommunity: 年間60日以上15以上の給水栓あるいは平均25人以上に給水

- 米国などの先進国において、耐塩素性微生物(クリプトスポリジウム等)、ウイルス(ノロウイルス等)、細菌(大腸菌O157:H7等)による大規模な被害が発生している。
- 原因の多くは処理の不備や未処理の地下水の供給であった。

# アメリカ合衆国の飲料水健康被害事例

## アメリカ合衆国における飲料水に起因する健康被害の経年変化 (1995年～2004年)

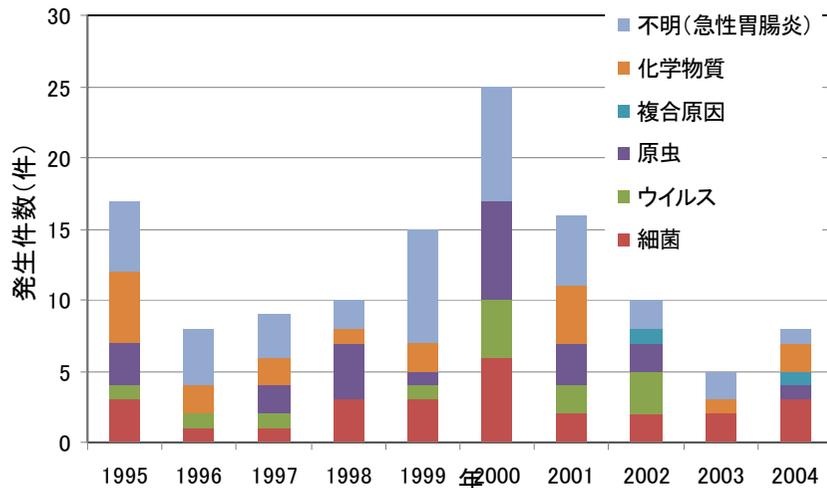


図. 原因別の健康被害発生件数の経年変化(1995年～2004年)

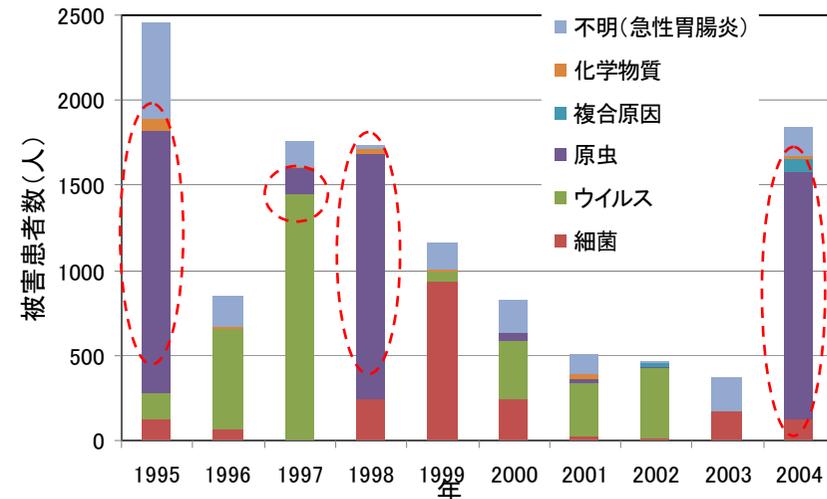


図. 原因別の健康被害患者数の経年変化(1995年～2004年)

1993年ミルウォーキーで発生したクリプトスポリジウムによる健康被害(4,400人の入院と50~70名\*の死亡)以降、濁度監視と適切な塩素濃度と接触時間の強化が図られているが、それ以降も1,400人を越える大規模被害事例が発生(\*:諸説あり、浅見注)



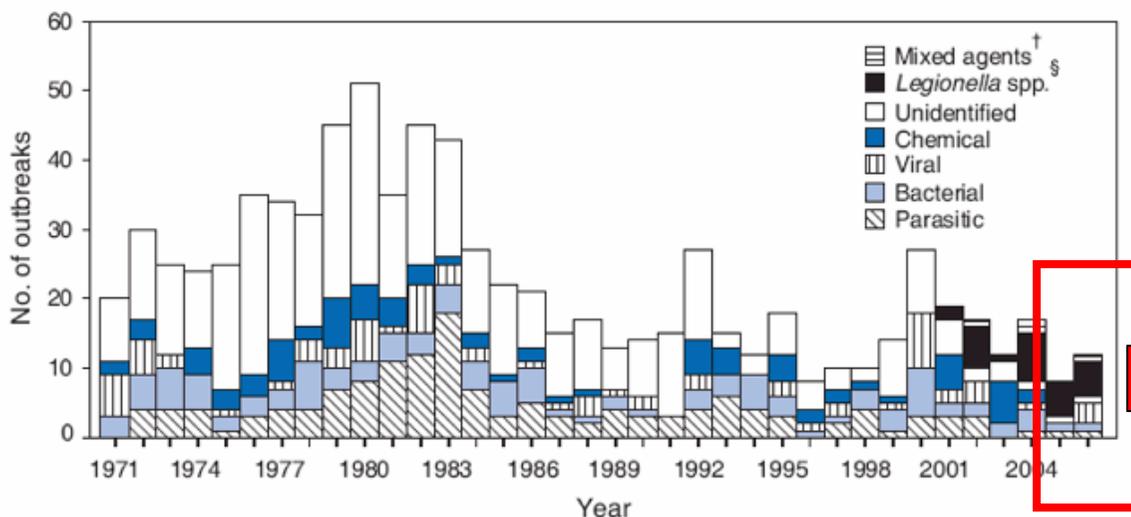
- 1995年：ジアルジア**1,449人** (処理の不備)
- 1997年：ノーウォーク様ウイルス**1,450人** (処理の不備)
- 1998年：クリプトスポリジウム**1,440人** (処理の不備)
- 2004年：カンピロバクター・ノロウィルス・ジアルジア複合**1,450人** (水源の汚染・給水システムの不備)

# アメリカ合衆国の飲料水健康被害事例

## 最近の事例：2005～2006（CDC MMWR *Surveillance Summaries*）

Surveillance for Waterborne Disease and Outbreaks Associated with Drinking Water and Water not Intended for Drinking  
 --- United States, 2005—2006 (Sep. 2008) *Surveillance Summaries*, 57(SS09);39-62

FIGURE 3. Number of waterborne-disease outbreaks associated with drinking water (n = 814),\* by year and etiologic agent — United States, 1971–2006



\* Single cases of disease related to drinking water (n = 16) have been removed from this figure; therefore, it is not comparable to figures in previous *Surveillance Summaries*.

† Beginning in 2003, mixed agents of more than one etiologic agent type were included in the surveillance system. However, the first observation is a previously unreported outbreak in 2002.

§ Beginning in 2001, Legionnaires' disease was added to the surveillance system, and *Legionella* species were classified separately in this figure.

### <最近の米国の状況>

2005～2006年(2年)で  
 28件の水系感染症が報告。  
 飲料水に関する水系感染症  
 20件(612人、4人死亡)。

細菌: 12件(135人)

10件: レジオネラ

1件: カンピロバクター

1件: カンピロとO157

ウイルス: 3件(212人)

2件: ノロウイルス

1件: A型肝炎ウイルス

寄生動物: 2件(51人)

クリプト1件、ジアルジア1件

複合: 1件(139人)

ノロウイルスとカンピロバクター

不明: 2件(75人)

ノロウイルスの疑い

## 2. 飲用井戸の事故

# 飲用井戸のひ素汚染

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

幼稚園の飲用井戸における  
集団下痢症発生事例

### 3. 水源の微生物汚染の現状

## 公共用水域における病原微生物の全国的存在実態調査

- 時期：H20～22年度
- 地点：国内16地点（H20、21）、30地点（H22）
- 試料：公共用水（水道原水） 計184試料
- 対象病原微生物：原虫類・各種水系感染性ウイルス  
(塩素消毒耐性の比較的強いもの)

「公共用水域の人畜由来汚染による健康影響リスクの解明と制御に関する研究」(平成20～22年度)  
国立保健医療科学院、国立感染症研究所、独)土木研究所、静岡県立大学、山梨大学、東京都水道局、  
埼玉県企業局、相模川・酒匂川水質協議会、メタウォーター

## 病原微生物の検出結果

微生物種	推定宿主	検出数			計(検出率)	検出濃度*
		2008	2009	2010		
<b>RNAウイルス</b>						
ノロウイルスGI	ヒト	0/32	8/32	19/120	27/184(15%)	0.6~33,000
ノロウイルスGII	ヒト、ブタ	1/32	0/32	36/120	37/184(20%)	310~2,900
<b>DNAウイルス</b>						
アデノウイルス	ヒト	14/32	11/32	22/120	47/184(26%)	1.8~17,000
<b>原虫</b>						
クリプトスポリジウム	ヒト、動物	15/32	11/32	32/120	58/184(32%)	0.5~30
ジアルジア	ヒト、動物	13/32	10/32	24/120	47/184(26%)	0.5~3.8

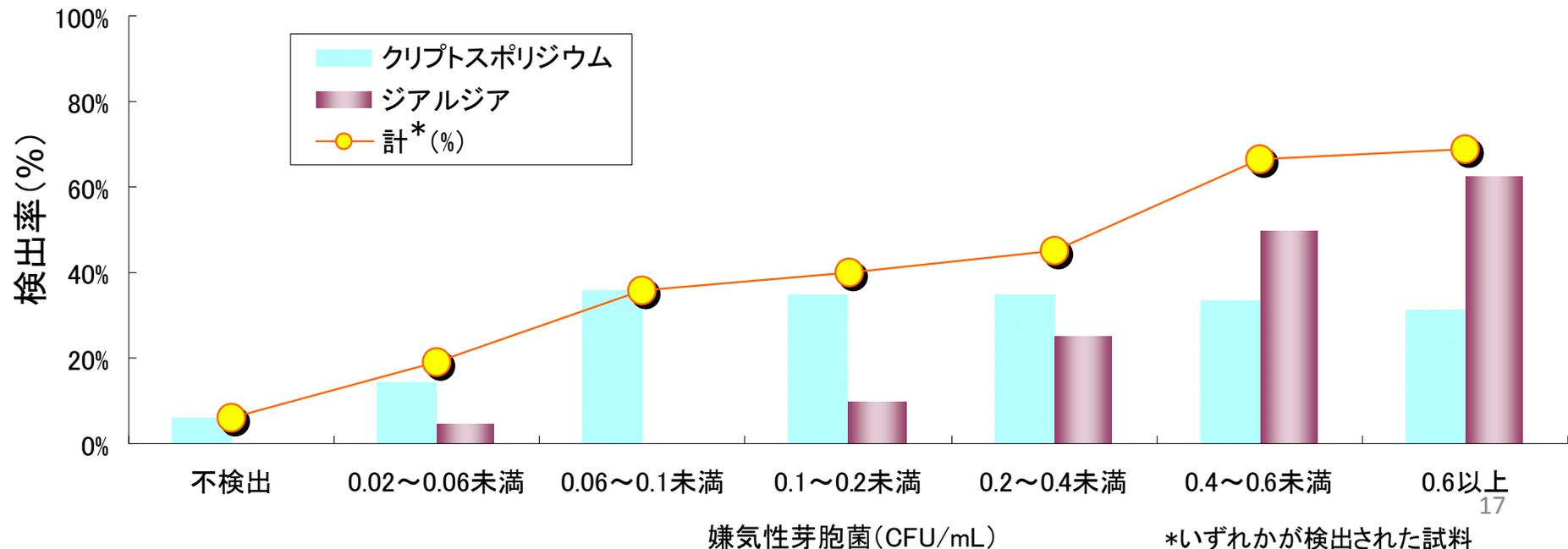
\*ウイルス:コピー/L; 原虫(oo)cysts/L

- ・ノロウイルスに比べ、原虫やアデノウイルスの検出率はやや高かった。
- ・ウイルス、原虫の検出時期・地域に顕著な偏りは見られなかったことから、公共用水域の病原微生物汚染は国内広範囲に及んでいると示唆された。

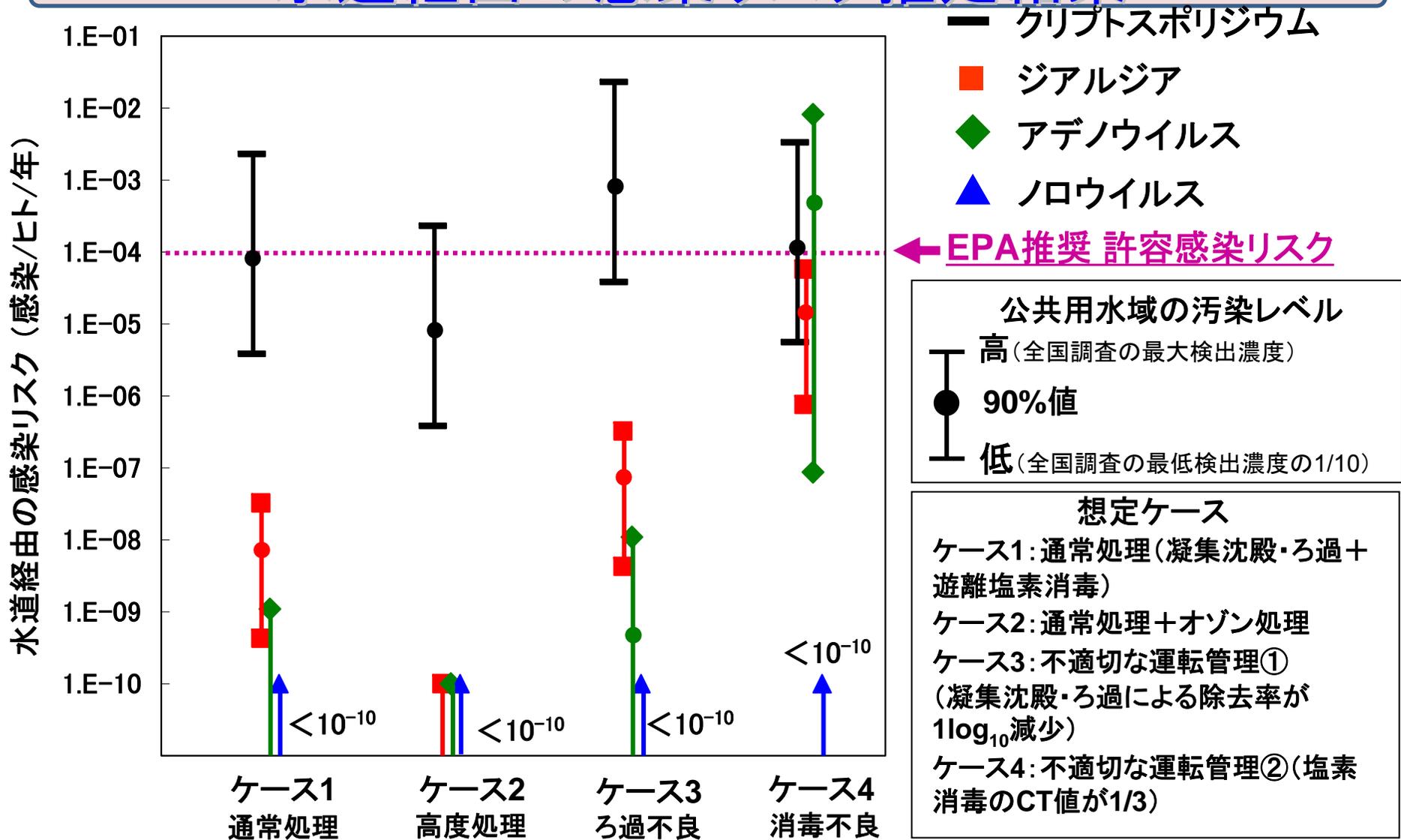
# 指標微生物濃度との相関 (相関係数、n=120、赤字は有意な正の相関(p<0.01))

	大腸菌群	大腸菌	嫌気性芽胞菌	Fファージ
クリプトスポリジウム	0.0215	-0.0714	0.1961	0.0788
ジアルジア	0.0523	0.1449	<u>0.5599</u>	0.0951
ノロウイルス-GI	-0.0263	0.1091	0.0949	-0.0363
ノロウイルス-GII	0.1898	<u>0.2420</u>	0.0703	0.1982
アデノウイルス	-0.0649	0.1096	<u>0.3831</u>	0.0723

総じて、病原微生物との相関関係は弱く、指標微生物濃度から病原微生物濃度を推測するのは困難と考えられたが、定性的にみると、**嫌気性芽胞菌の検出濃度と原虫(特にジアルジア)の検出率の間に高い相関関係が見受けられた。**



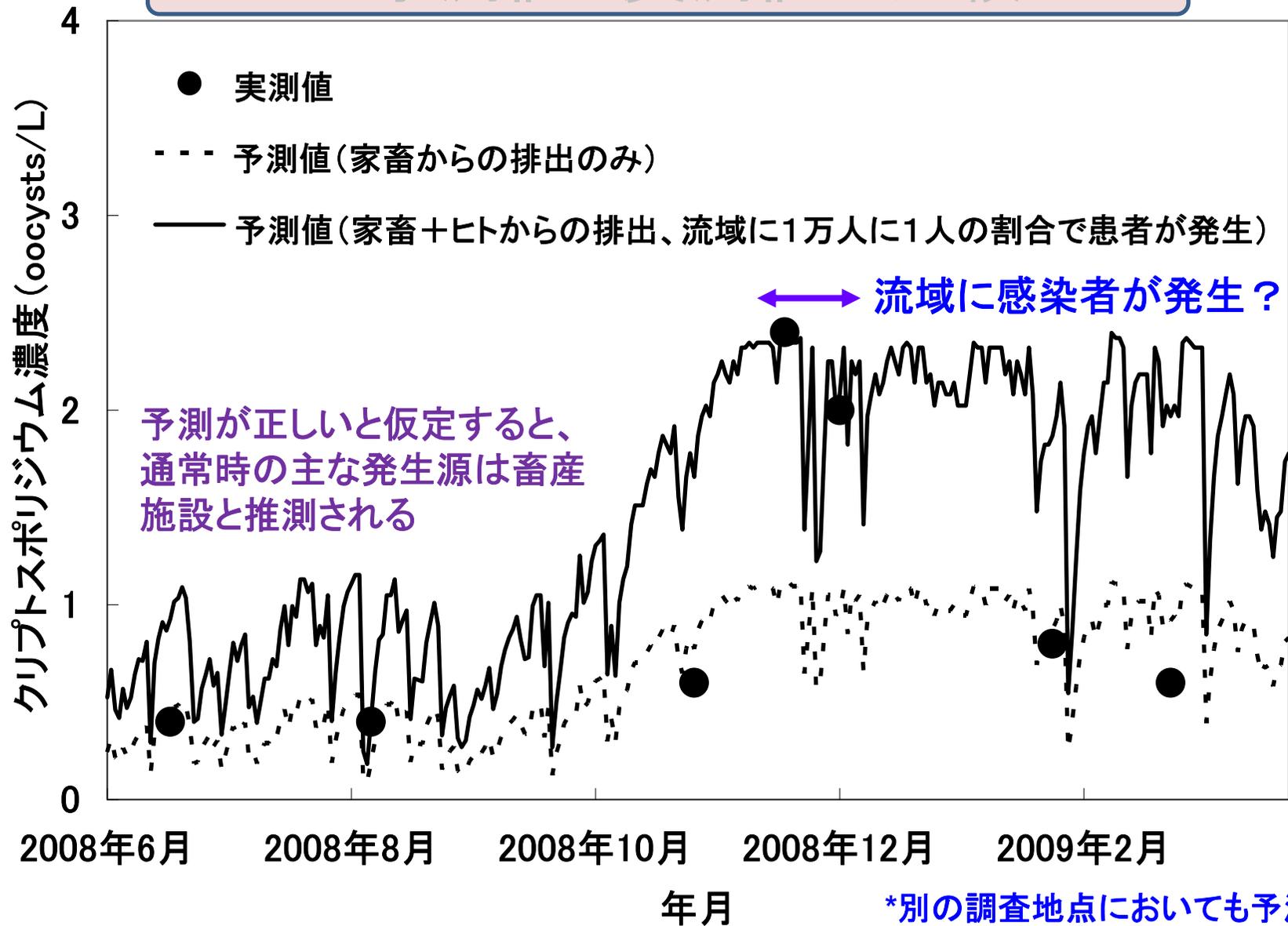
# 水道経由の感染リスク推定結果



・クリプトスポリジウム: 全体的にリスクが高く、物理学的除去能や水域の汚染レベルの影響を受け易い⇒公共用水域(水源)における病原微生物の汚染防止も踏まえた対策を講じることが重要

・アデノウイルス: 通常時は問題ないが、消毒不良の際にリスクが高まる。

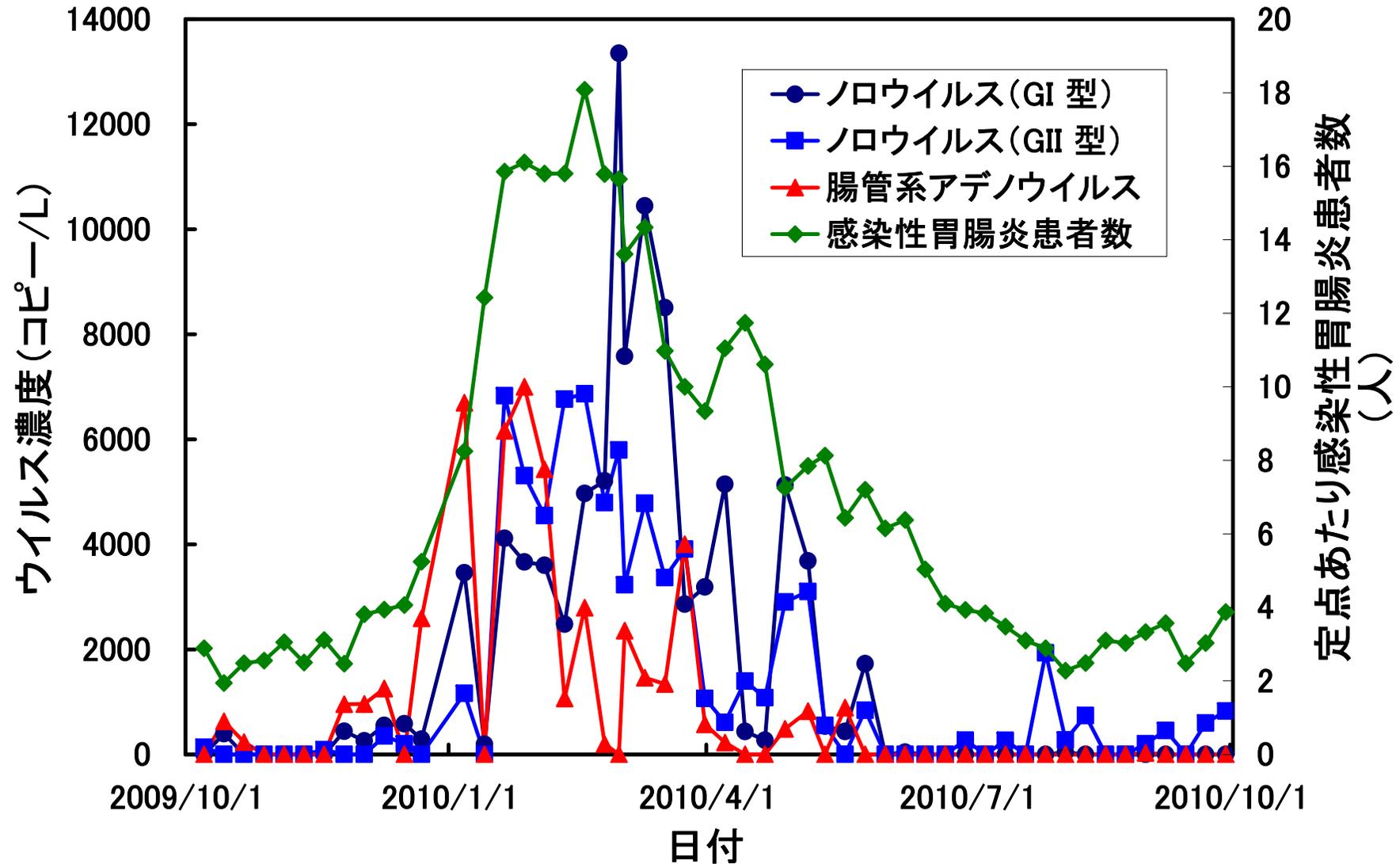
# 予測値と実測値の比較



\*別の調査地点においても予測値と実測値がほぼ一致

考案した予測手法を用いて、ある程度公共用水域の微生物汚染濃度を推測可能!

## 水系感染性ウイルス濃度と胃腸炎患者数の経時変化



岸田直裕, 浅見真理, 秋葉道宏, 森田久男, 原本英司, 森田重光. 水道水源における水系感染性ウイルスの濃度変動とその影響因子. 第45回日本水環境学会年会; 2011.3; 北海道. 同講演集

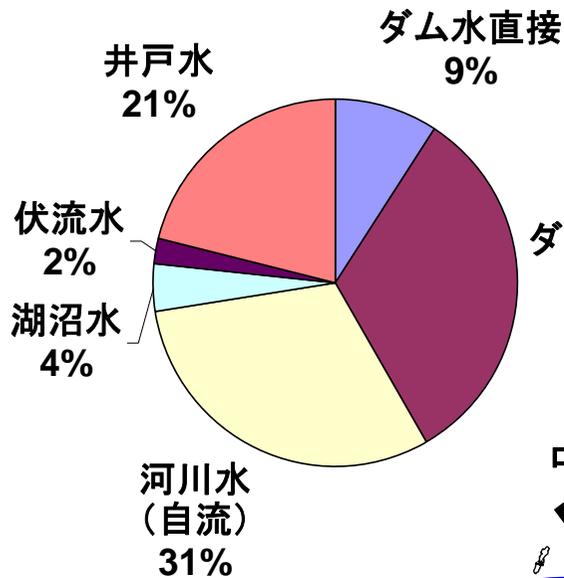
#### 4. 生物による浄水障害

### 近年の生物障害の発生状況～全国の浄水場を対象としたアンケート調査～

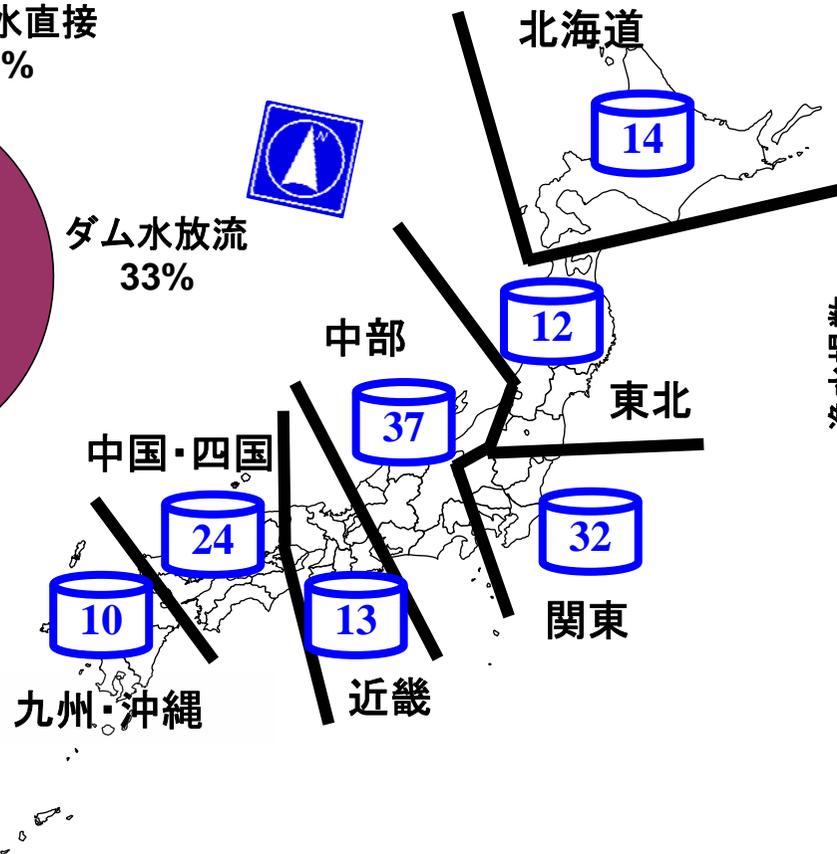
(保健医療科学院、未発表データ)

- 対象期間:平成17～21年間(5年間)
- 対象浄水場:全国142箇所の浄水場
- アンケート項目:異臭味を除く生物障害の発生有無、原因生物、障害の種類など

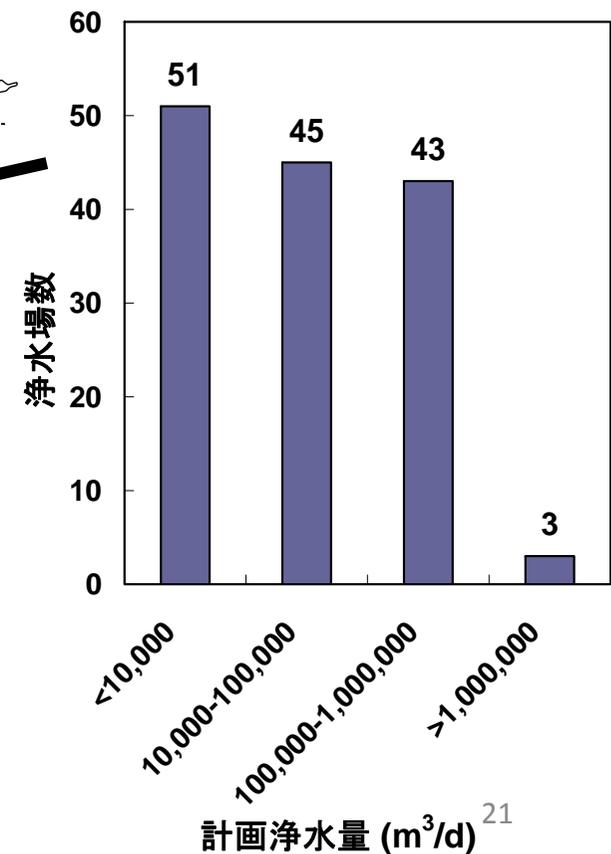
#### 対象浄水場の水源



#### 対象浄水場の分布



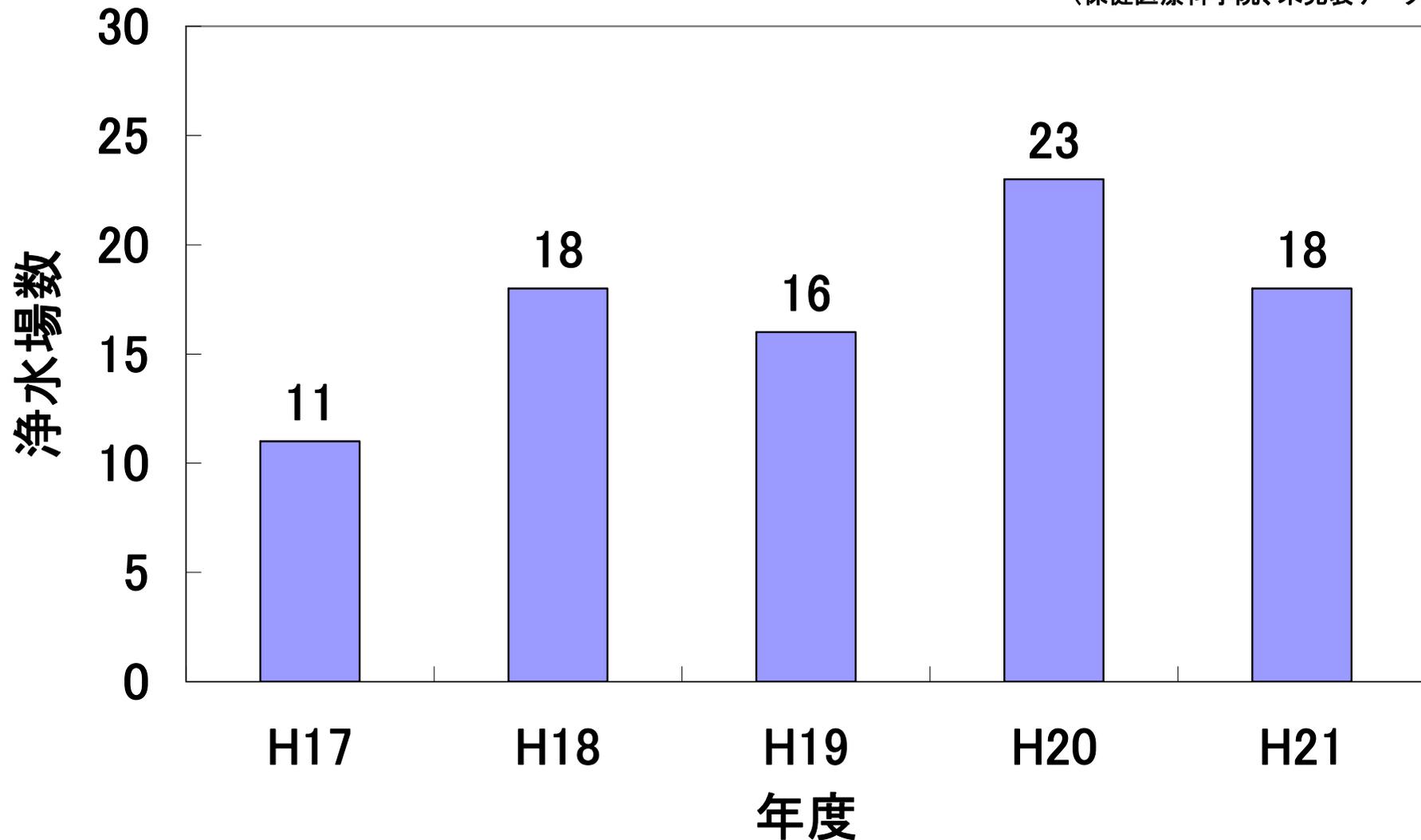
#### 対象浄水場の規模



計画浄水量 (m<sup>3</sup>/d)<sup>21</sup>

# 生物障害が発生した浄水場数の近年の推移

(保健医療科学院、未発表データ)

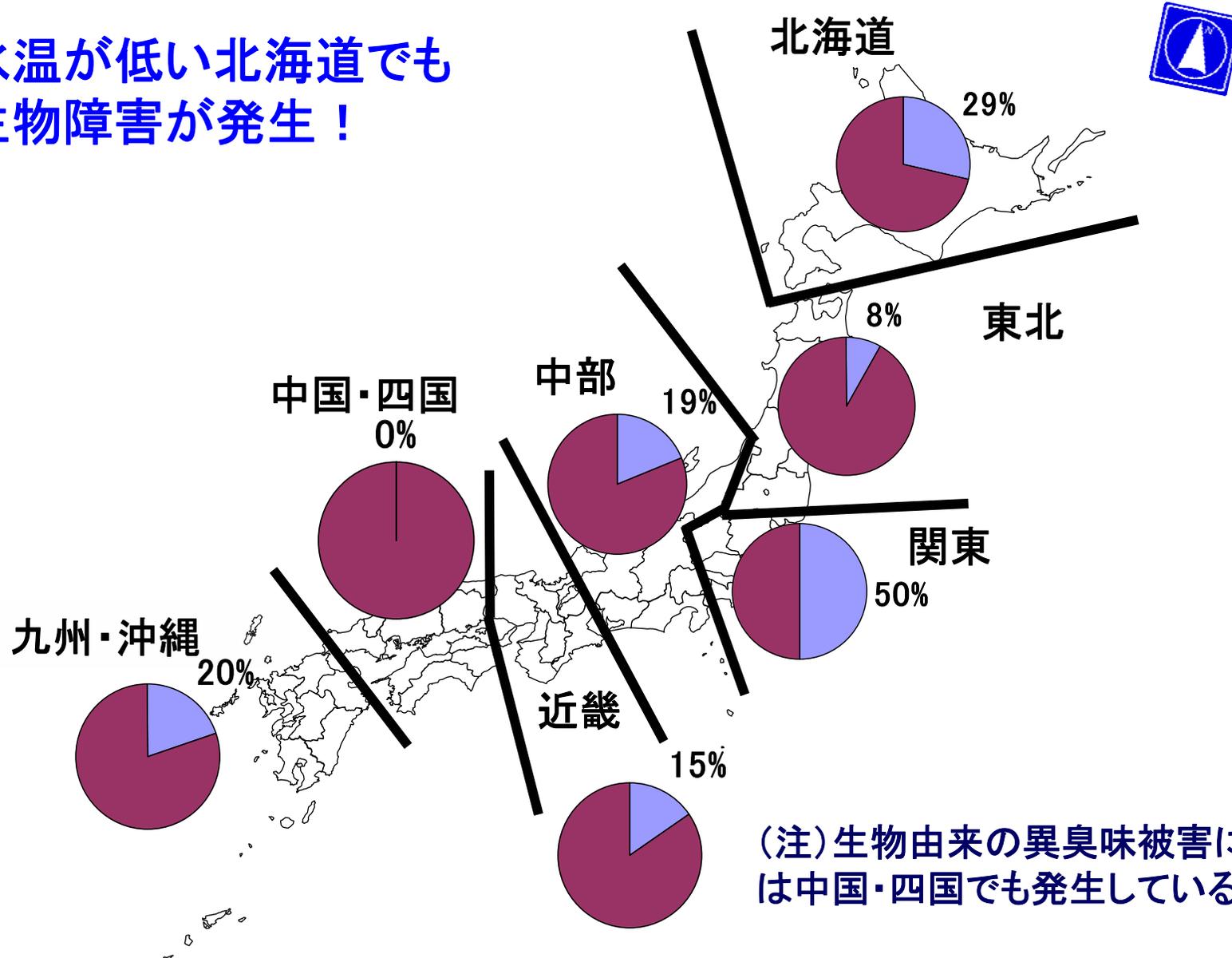


近年、やや増加傾向！

# 地域別の生物障害の発生割合

(保健医療科学院、未発表データ)

水温が低い北海道でも  
生物障害が発生！



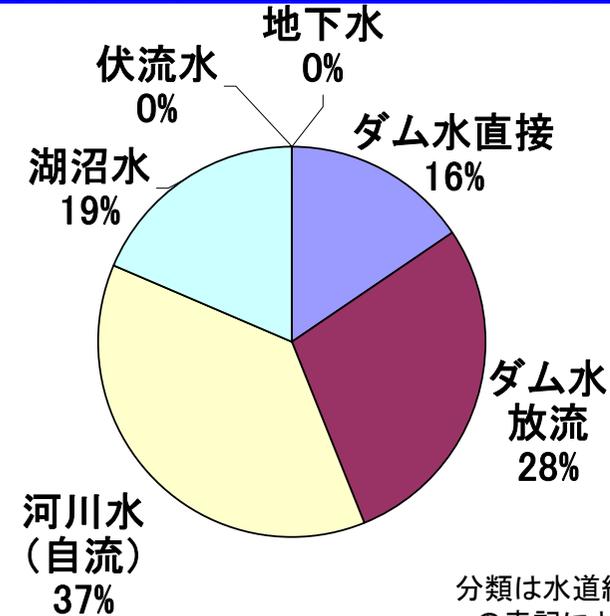
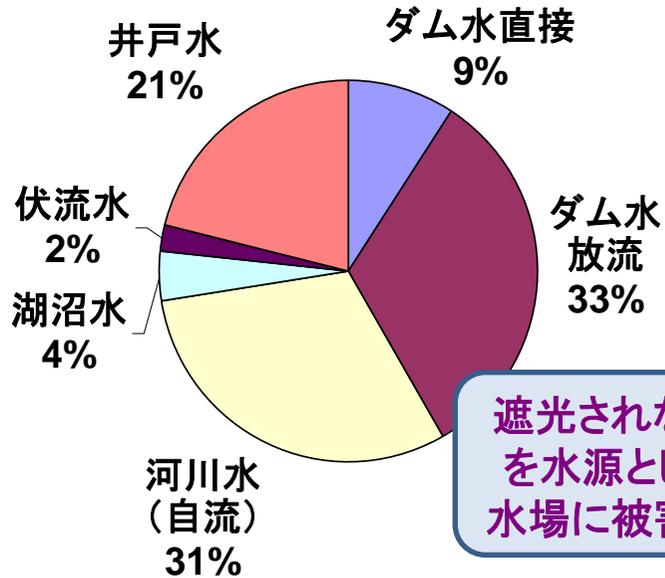
(注) 生物由来の異臭味被害については中国・四国でも発生している。23

# 生物障害が発生している浄水場の水源の種類

(保健医療科学院、未発表データ)

## 全調査対象浄水場

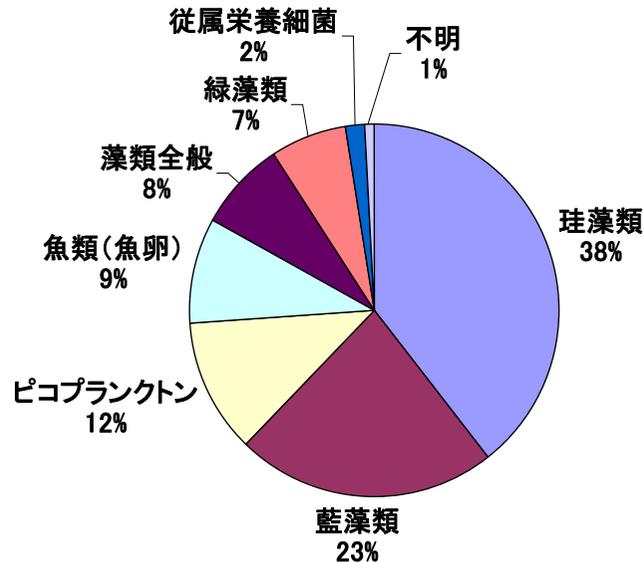
## 生物障害が発生している浄水場



遮光されない地表水を水源としている浄水場に被害が集中!

分類は水道統計の表記による

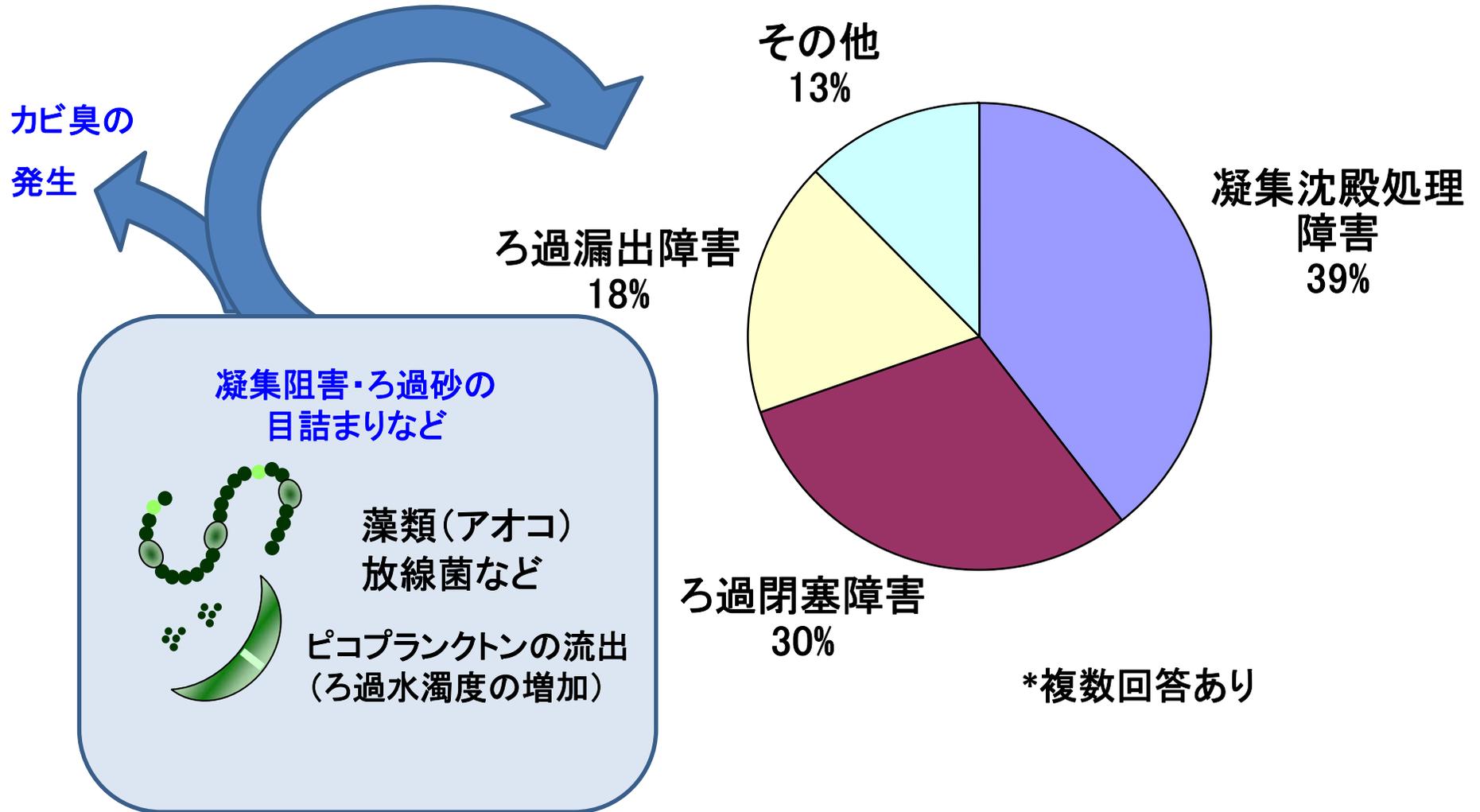
## 原因生物の種類



ダム・湖沼だけでなく河川水でも生物障害が発生!

# 生物による浄水障害の種類 (異臭味以外)

(保健医療科学院、未発表データ)



## 障害生物の発生に伴い上昇する浄水コスト・薬品使用量(異臭味含、3浄水場の例)

浄水場		A		B		C	
		障害発生時	通常時	障害発生時	通常時	障害発生時	通常時
原水水質	濁度(度)	5.9	5.2	4.9	6.9	2.8	2.5
	障害生物数	18*	0	30000**	0	7800**	400**
薬品注入率 (mg/L)	前塩素	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0
	中塩素	0.5	0.6	1.3	0.3	1.1	1.1
	後塩素	0.5	0.6	0.3	0.2	0.3	0.2
	前PAC	20.3	21.3	33.7	22.9	29.1	24.0
	後PAC	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	0.0
	粉末活性炭	11.4	0.0	10.8	0.0	3.6	0.0
消費電力量 (kWh/日・m <sup>3</sup> )	浄水場	0.040	0.041	0.303	0.258	0.053	0.052
	排水処理	0.006	0.005	0.012	0.009	-	-
薬品費用 (円/日・m <sup>3</sup> )	塩素	0.04	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05
	PAC	0.81	0.85	1.53	0.92	1.17	0.96
	粉末活性炭	2.85	0.00	2.70	0.00	0.91	0.00
電力費用 (円/日・m <sup>3</sup> )	浄水場	0.48	0.49	3.64	3.10	0.63	0.62
	排水処理	0.07	0.06	0.15	0.11	-	-
合計金額 (円/日・m <sup>3</sup> )		4.25	1.45	8.08	4.17	2.76	1.64
障害発生時/通常時		<b>2.9</b>		<b>1.9</b>		<b>1.7</b>	

\*糸状体/ml、\*\*個/ml\*\*\*使用した原単位:塩素:40円/kg、PAC:40円/kg、粉末活性炭:250円/kg、電力単価:12円/kWh

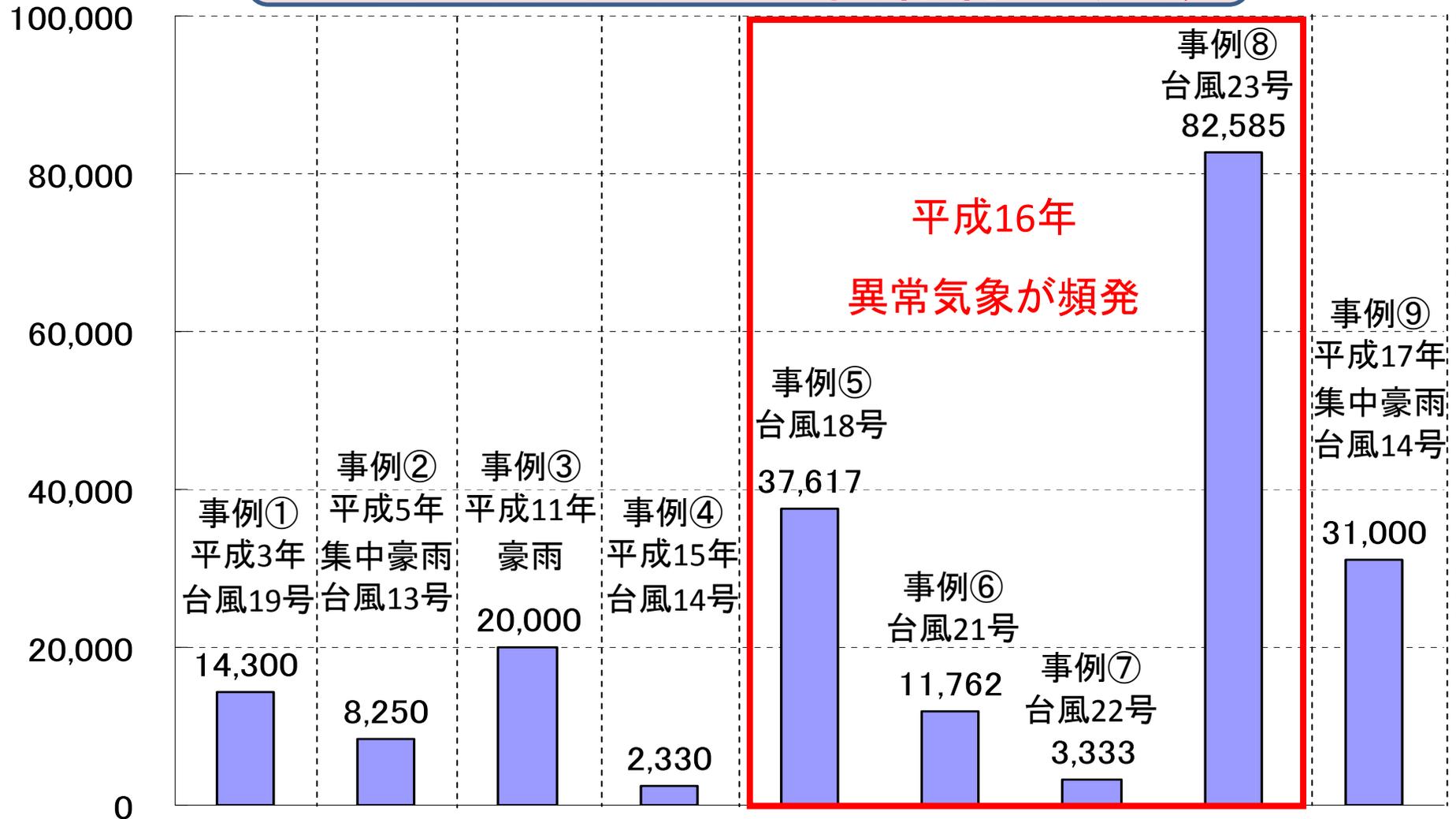
**障害生物の発生に伴い、浄水コストが著しく増大するケースも！**

(保健医療科学院、未発表データ)

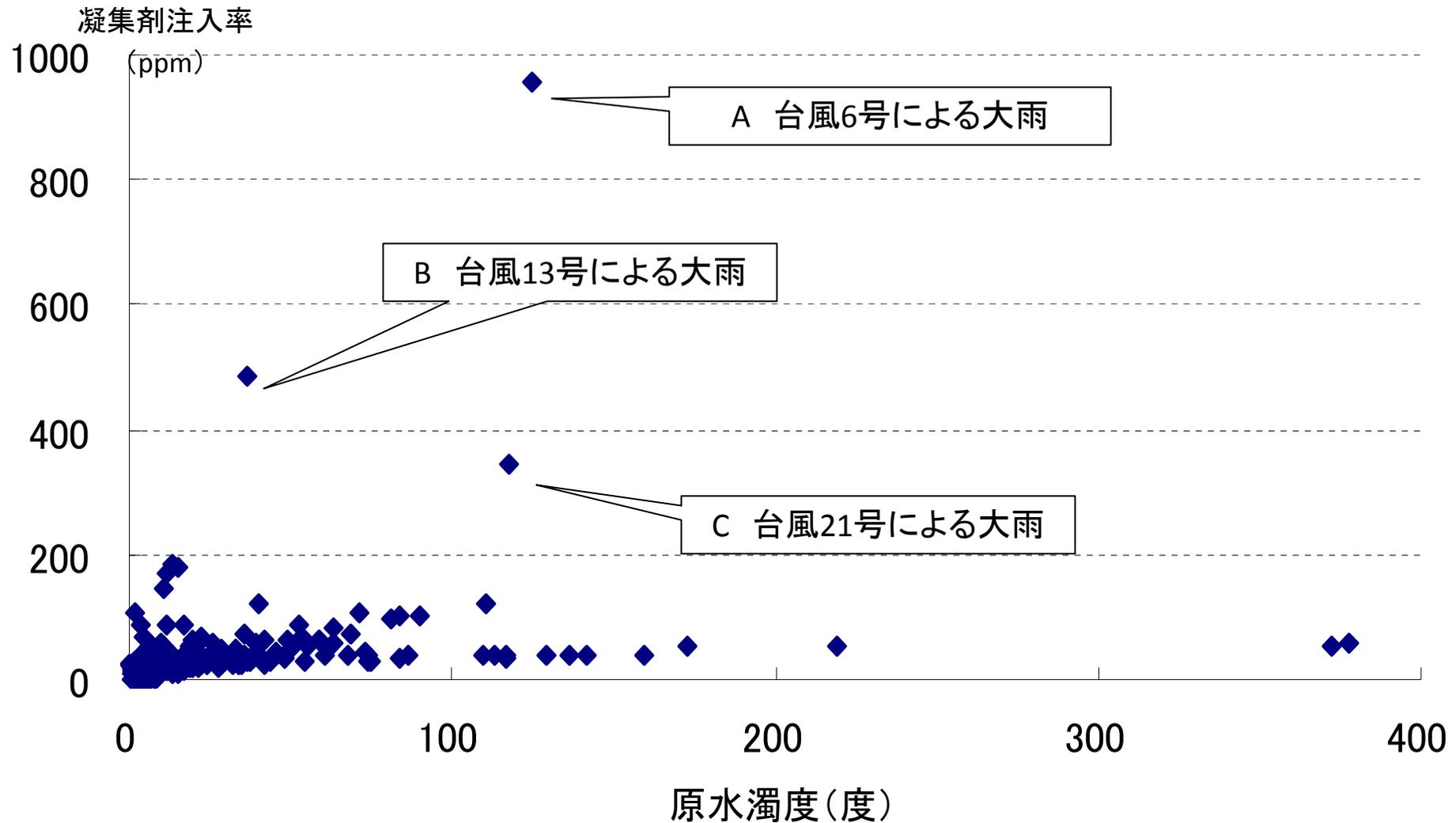
## 5. 突発的な水質変化とその影響

# 近年の風水害による 水道の断水・減水・供給停止戸数

(戸)



# 水道原水濁度と凝集剤注入率の関係 (横浜市 小雀浄水場)



出典：横浜市小雀浄水場観測データ(平成14年度～平成20年度)より作成  
中村、山田、秋葉、宮野(2010)日本水環境学会年会講演集、147

# 水道における医薬品の存在状況

(4浄水場 H19-21年度)

<b>(解熱鎮痛消炎剤)</b>	<b>(抗アレルギー薬)</b>
アスピリン	アゼラスチン
アセトアミノフェン	エバスタチン
アセメタジン	<b>エピナスチン</b>
アンチピリン	オキサトミド
インプロピルアンチピリン	クレマスチン
<b>イブプロフェン</b>	クロルフェニラミン
インドメタジン	ケトチフェン
エテンザミド	ジフェニルピラリン
エトドラク	ジフェンヒドラミン
ケトプロフェン	シプロヘプタジン
サリシルアミド	テルフェナジン
サリチル酸	トラニラスト
ジクロフェナック	プロメタジン
ジフルニサル	<b>(抗生物質)</b>
スリンダク	エリスロマイシン
チアラミド	オキシテトラサイクリン
テノキシカム	クロロテトラサイクリン
トルメチン	スルファジメトキシ
ナブメトン	スルファメトキサゾール
ピロキシカム	スルフィンゾールナトリウム
フェナセチン	テトラサイクリン
フェノプロフェン	トリクロサン
フェンブフェン	ロキシスロマイシン
フルフェナム酸	<b>(抗てんかん薬)</b>
フルルビプロフェン	<b>カルバマゼピン</b>
メピリゾール	バルプロ酸
メフェナム酸	フェニトイン
<b>(高脂血症治療薬・代謝物)</b>	<b>(抗パーキンソン病薬)</b>
クロフィブラート	トリヘキシフェニジル
クロフィブリック酸	<b>(X線造影剤)</b>
フェノフィブラート	<b>イオパミドール</b>
ベザフィブラート	イオプロミド
<b>(神経系用薬)</b>	<b>(抗インフルエンザ薬・代謝物)</b>
パロキセチン	<b>アマンタジン</b>
フルボキサミン	オセルタミビル*
	<b>オセルタミビルカルボキシレート*</b>

\* H20,21年度のみ測定

- 64物質中32物質が水道原水から検出、最大検出濃度は3,300ng/L(イオパミドール)
- 大半の医薬品は浄水処理の過程で除去される
- 浄水中からは6物質(アマンタジン、イオパミドール、イブプロフェン、エピナスチン、オセルタミビルカルボキシレート、カルバマゼピン)が検出

水道水源への人用医薬品等に由来する微量化学物質の排出状況および存在状況と制御方法に関する研究 厚生労働省健康局水道課、国立保健医療科学院、国立医薬品食品衛生研究所 (H19-21)

# 水道水を通じた残留医薬品の 推定摂取量

表 水道水を通じた残留医薬品の推定摂取量と最小用量の比較

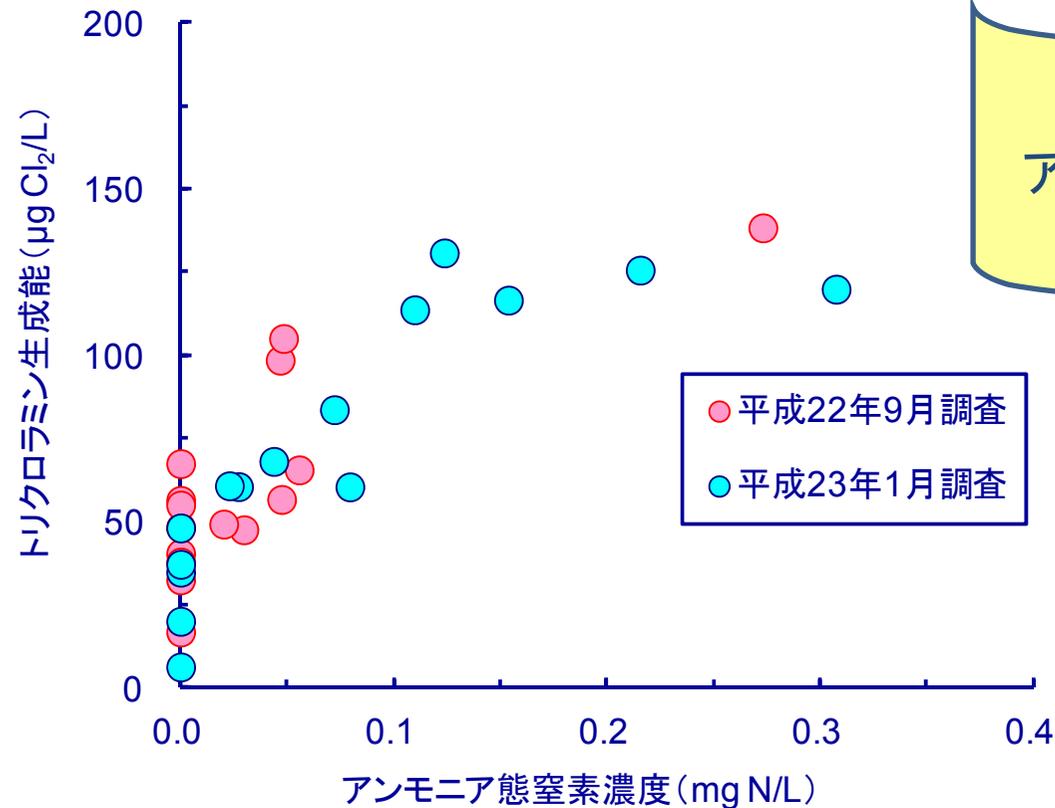
医薬品名	1日最小用量 [mg]	浄水中の 最高検出 濃度 [ng/L]	1日最小用量に対する 水道水を通じた 1日摂取量の割合*
イオパミドール	900**	2,400	$5.3 \times 10^{-6}$
カルバマゼピン	100	38	$7.6 \times 10^{-7}$
アマンタジン	100	9	$1.8 \times 10^{-7}$
エピナスチン	10	8	$1.6 \times 10^{-6}$
イブプロフェン	200	6	$6.0 \times 10^{-8}$
オセルタミビル カルボキシレート	150	38	$5.1 \times 10^{-7}$

\*1日2リットルの水道水を摂取すると仮定

\*\*静注1回あたり最小用量[mg/回]

水道水源への人用医薬品等に由来する微量化学物質の排出状況および存在状況と制御方法に関する研究  
厚生労働省健康局水道課、国立保健医療科学院、国立医薬品食品衛生研究所 (H19-21)

# 原水のアンモニア態窒素濃度とトリクロラミン生成能との関係



異臭味は  
アンモニアと関連

- カルキ臭の主な原因物質の一つであるトリクロラミンの原水中の生成能は、原水のアンモニア態窒素濃度の増加にともなって増加
- 低濃度では、アンモニア以外の前駆物質も寄与の可能性

## 今後の課題

- 健康危機管理要領で報告された国内の水質事故の多くは未規制小規模・専用水道・飲用井戸で起こったものであり、小規模水道・飲用井戸の管理が重要である。
- 消毒、処理の徹底、原水の汚染対策、クロスコネクションの防止が重要である。これらの徹底には、監督部局の体制の強化も重要である。
- ウイルス・原虫汚染の実態調査を実施した結果、公共用水域の病原微生物汚染は国内広範囲に及んでいる。嫌気性芽胞菌が検出されているところは一層の管理が重要である。
- 生物による浄水障害、風水害による被害、濁度急変時にも注意が必要である。
- 化学物質・異臭味対策は、浄水処理の徹底やモニタリングに加えて、水源対策が重要である。