

第10回水環境制御研究センターシンポジウム

「水道システムにおける微生物指標の活用と課題」

微生物モニタリングに 求められるもの

国立感染症研究所 寄生動物部

遠藤卓郎

水系集団感染

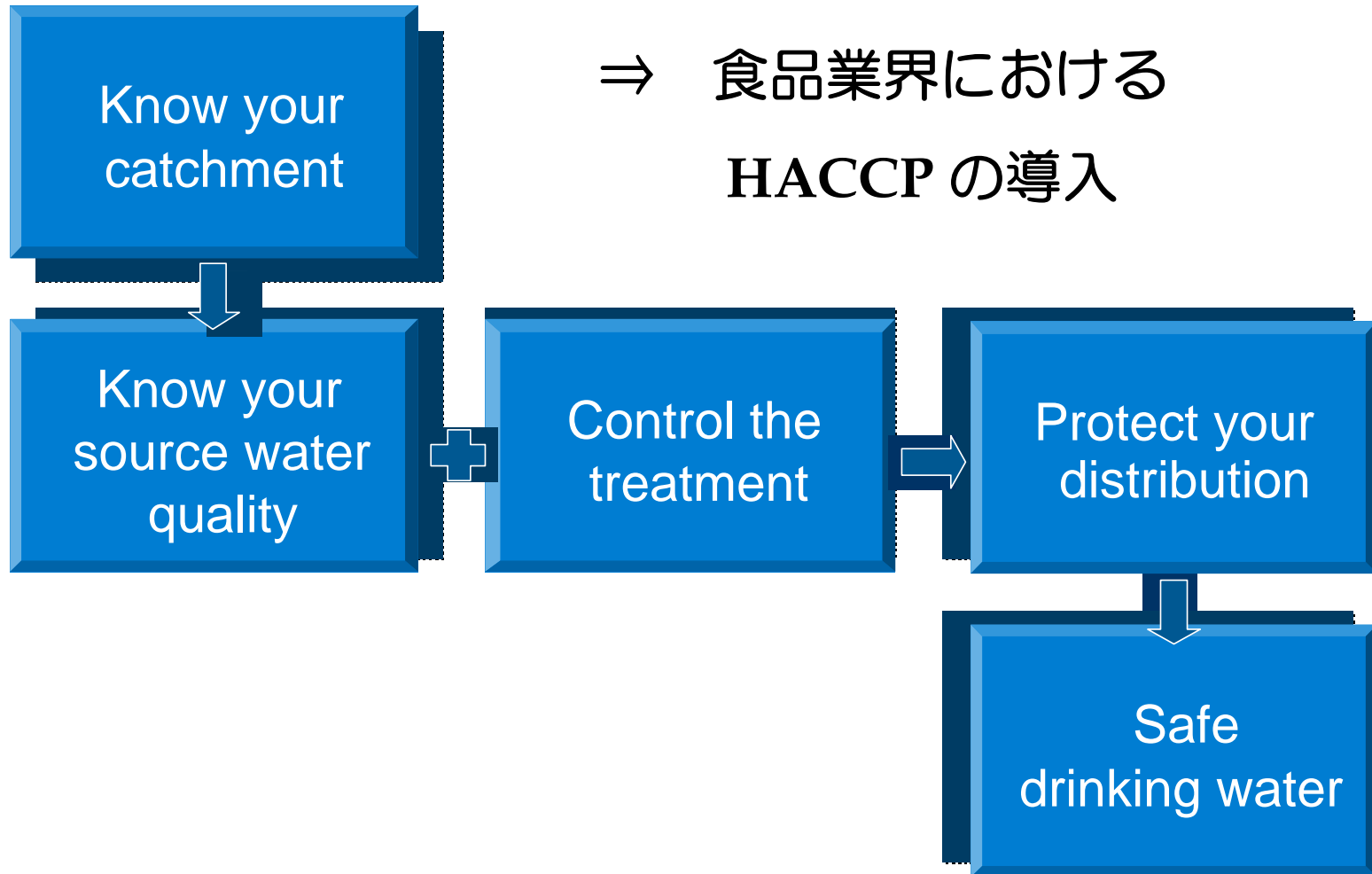
水系集団感染は原水に病原体が存在する状況で

- 浄水処理に問題が生じた、あるいは
- 施設に瑕疵があるときに発生

水道水の水質基準項目（微生物関連）

- 大腸菌 ← 糞便汚染
- 一般細菌 ← 浄水処理／消毒効果

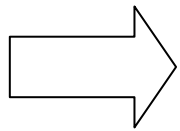
Water Safety Plan: Total systems approach to risk management of the safety of drinking water



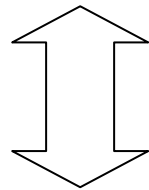
水系集団感染

水系集団感染は原水に病原体が存在する状況で

- 浄水処理に問題が生じた、あるいは
- 施設に瑕疵があるときに発生



原水中の病原体が把握できれば感染を防ぐことができる



微生物汚染は「一過性」という既成概念（？）

わが国が体験した主な水系感染事例

1937年 大牟田市の赤痢（水道）

患者数： $\geq 21,000$ 名 致命率: 4.1%

1977年 佐賀県基山町のA型肝炎（井戸）

患者数：486名（小学校）

1982年 札幌市 Sストア 集団下痢（井戸）

患者数：7,751名 *C. jejuni*, *E.coli*

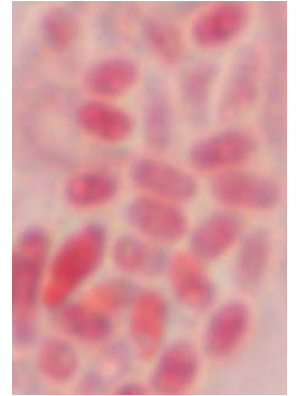
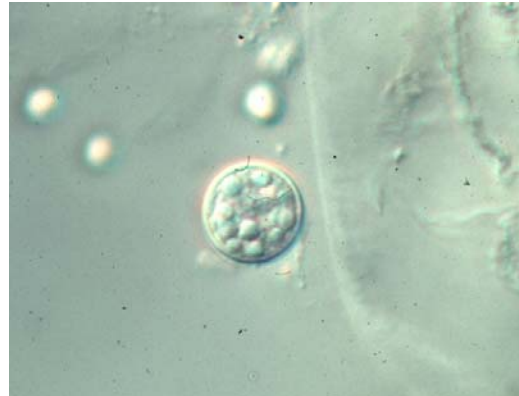
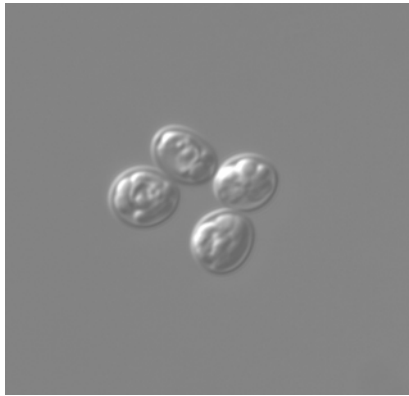
1990年 埼玉県 幼稚園のO-157

患者数：55名（2名死亡）

1994年 平塚市クリプトスポリジウム

1996年 越生町クリプトスポリジウム

2003年 北海道クリプトスポリジウム



Cryptosporidium

Cyclospora

Isospora

Enterocytozoon

クリプトスポリジウム等による汚染の恐れ

1. レベル4 (クリプト等による汚染の恐れが高い)

地表水を水道の原水としており、当該原水から指標菌が検出されたことがある施設

2. レベル3 (汚染の恐れがある)

地表水以外の水を水道の原水としており、当該原水から指標菌が検出されたことがある施設

3. レベル2 (当面、汚染の可能性が低い)

地表水等が混入していない被圧地下水以外の水を原水としており、当該原水から指標菌が検出されたことのない施設

4. レベル1 (汚染の可能性が低い)

地表水等が混入していない被圧地下水のみを原水としており、当該原水から指標菌が検出されたことのない施設

施設整備

1. レベル4

ろ過池出口の濁度を0.1度以下に維持することが可能なろ過施設（急速、緩速、膜ろ過）を整備すること

2. レベル3

以下のいずれかの施設を整備すること

- ろ過池出口の濁度を0.1度以下に維持することが可能なろ過施設
- 紫外線処理施設

原水等の検査

1. レベル4及び3

- 水質検査計画に基づき、適切な頻度で原水のクリプト等及び指標菌の検査の実施。ただし、クリプト等の除去又は不活化のために必要な施設を整備中の期間においては、原水のクリプトスポリジウム等を3ヶ月に1回以上、指標菌を月1回以上検査すること

2. レベル2

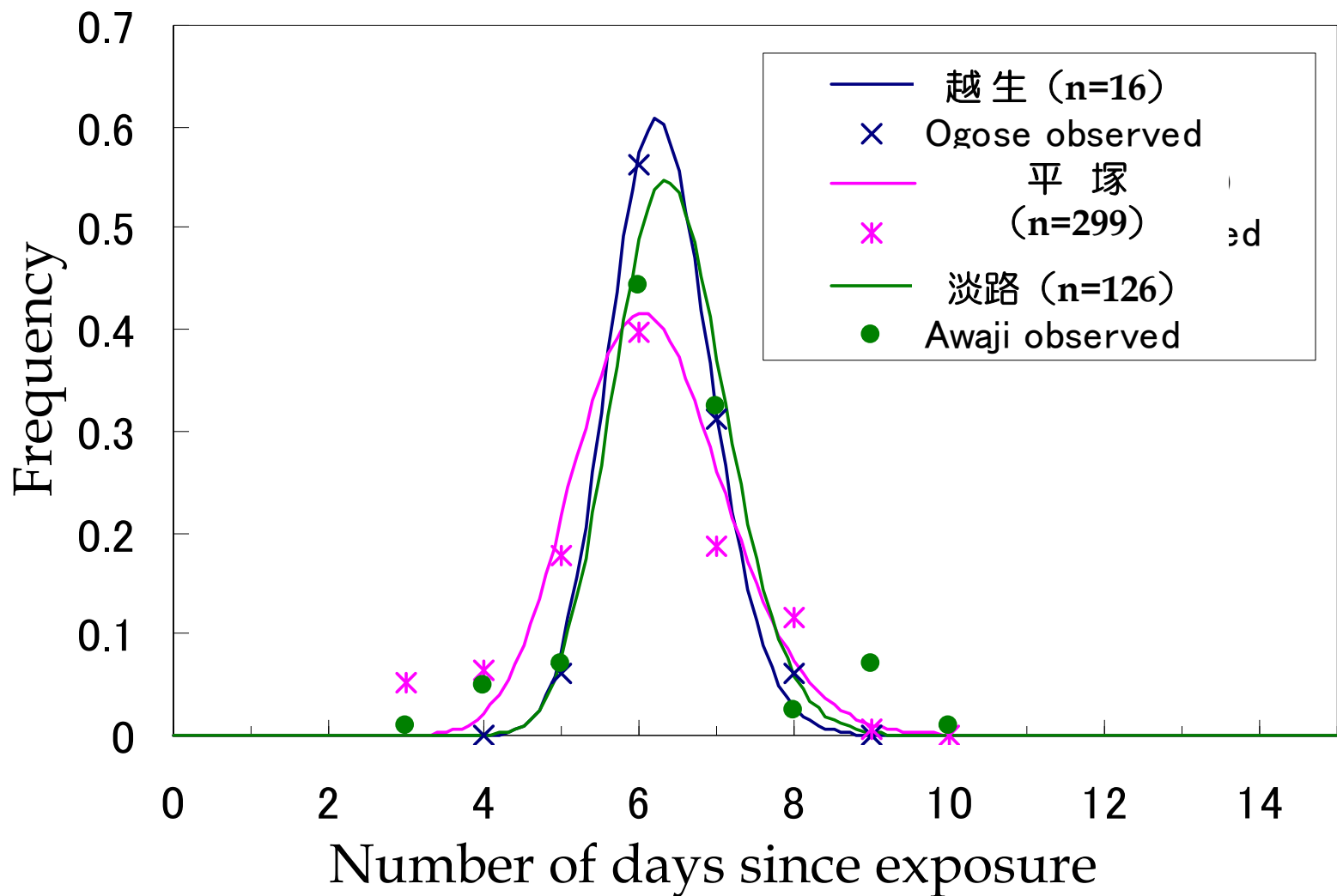
- 3ヶ月に1回以上、原水の指標菌の検査の実施

3. レベル1

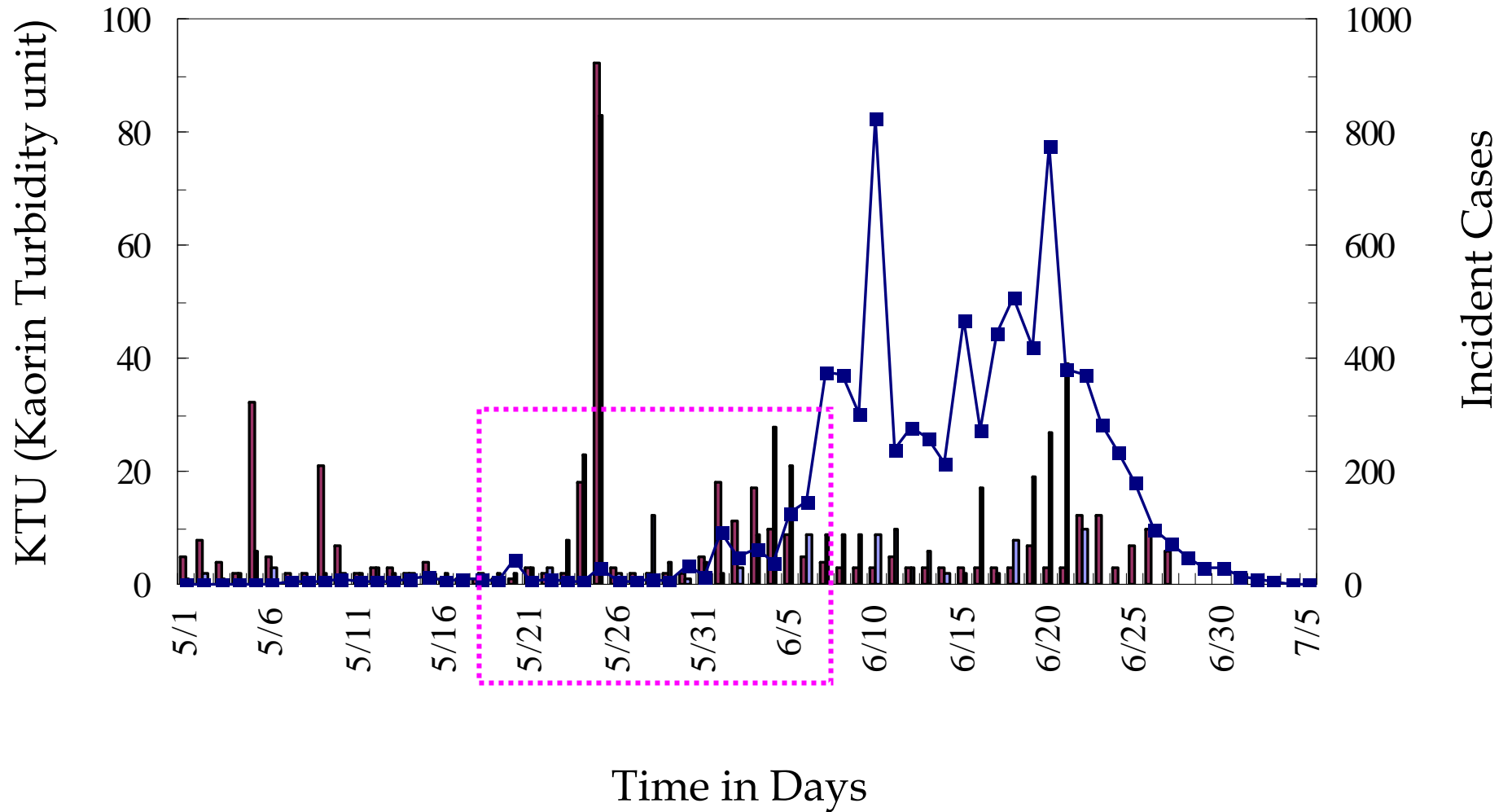
- 年1回、原水の水質検査を行い、大腸菌、トリクロロエチレン等の地表からの汚染の可能性を示す項目の検査から被圧地下水以外の水の混入の有無を確認すること
- 3年に1回、井戸内部の撮影等により、ケーシング及びストレーナーの状況、堆積物の状況等の点検を行うこと

レベル4及び3の場合、浄水を毎日1回20L採取し、ポリタンクに注入した水または採水した自ら得られるサンプルを14日間保存することが望ましい。そのための採水は浄水施設で行うことが望ましいが、当該浄水場からの給水を受ける配水システムの給水栓でも差し支えない。

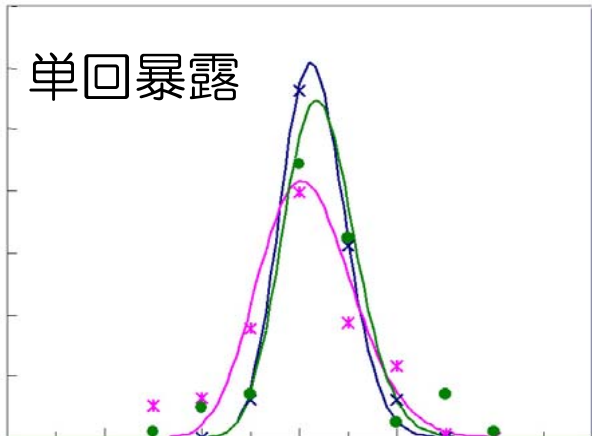
単回暴露患者におけるクリプトスポリジウム症の発症日 (潜伏期間)



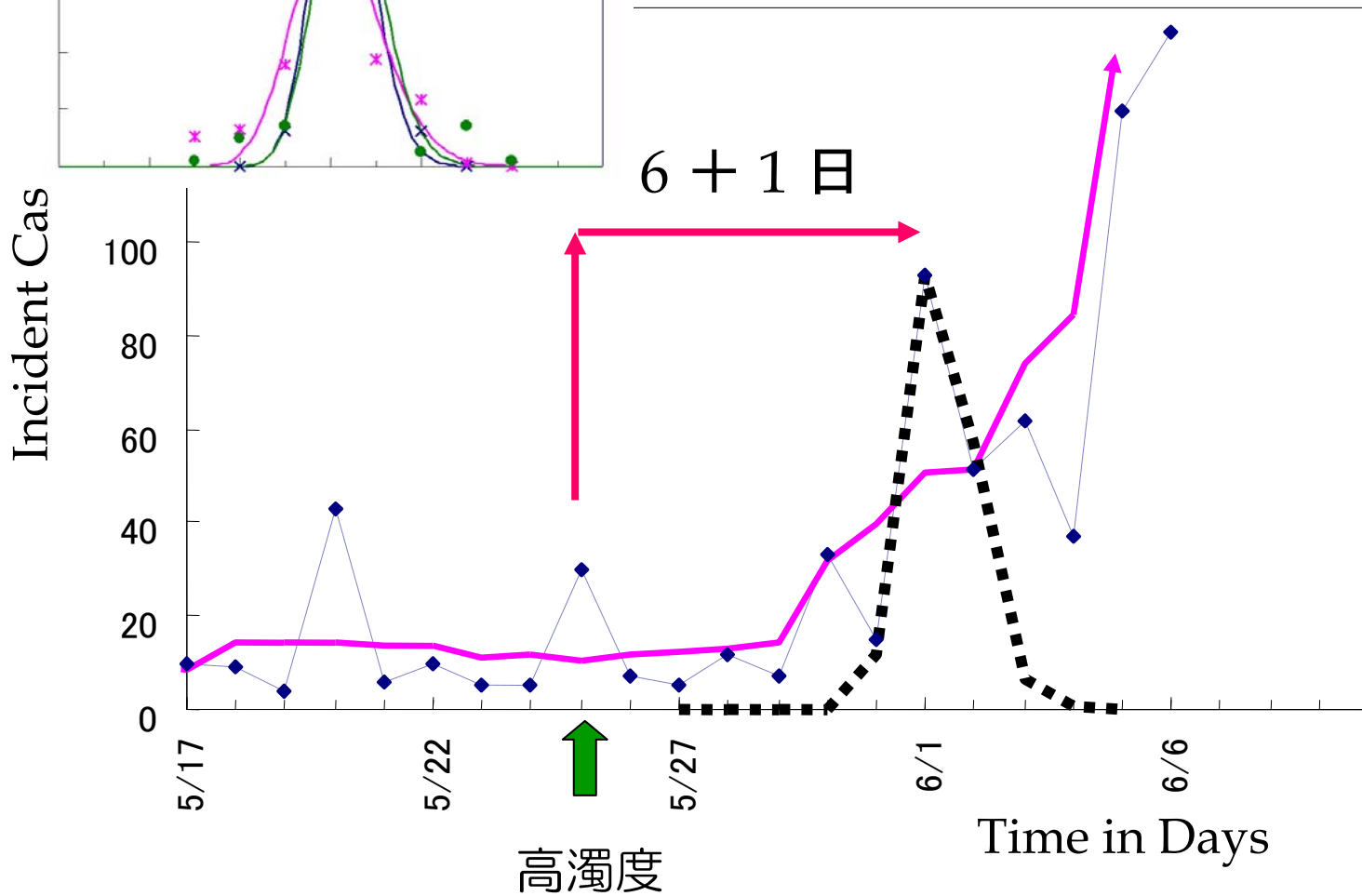
越生クリプトスポリジウム集団感染における患者発生状況と原水濁度の推移



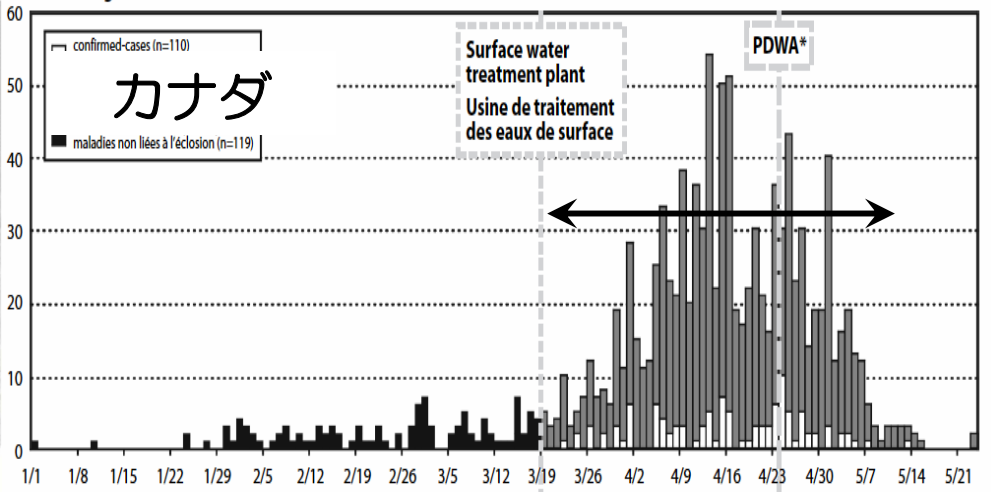
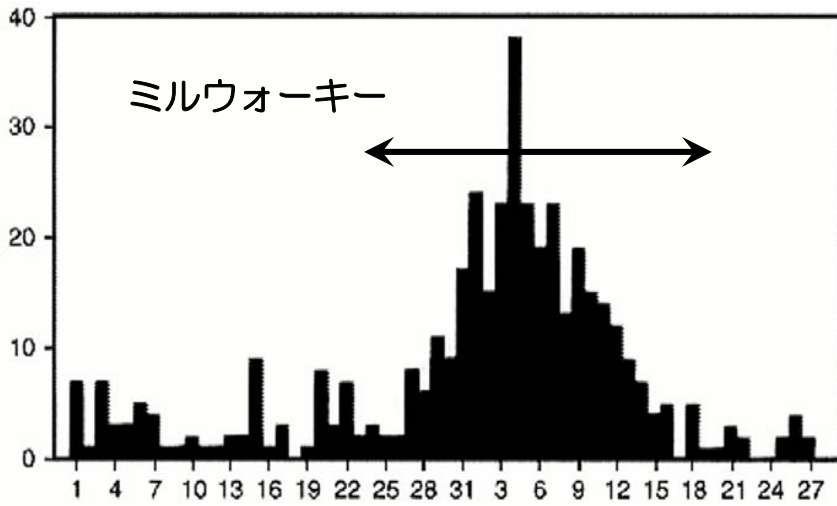
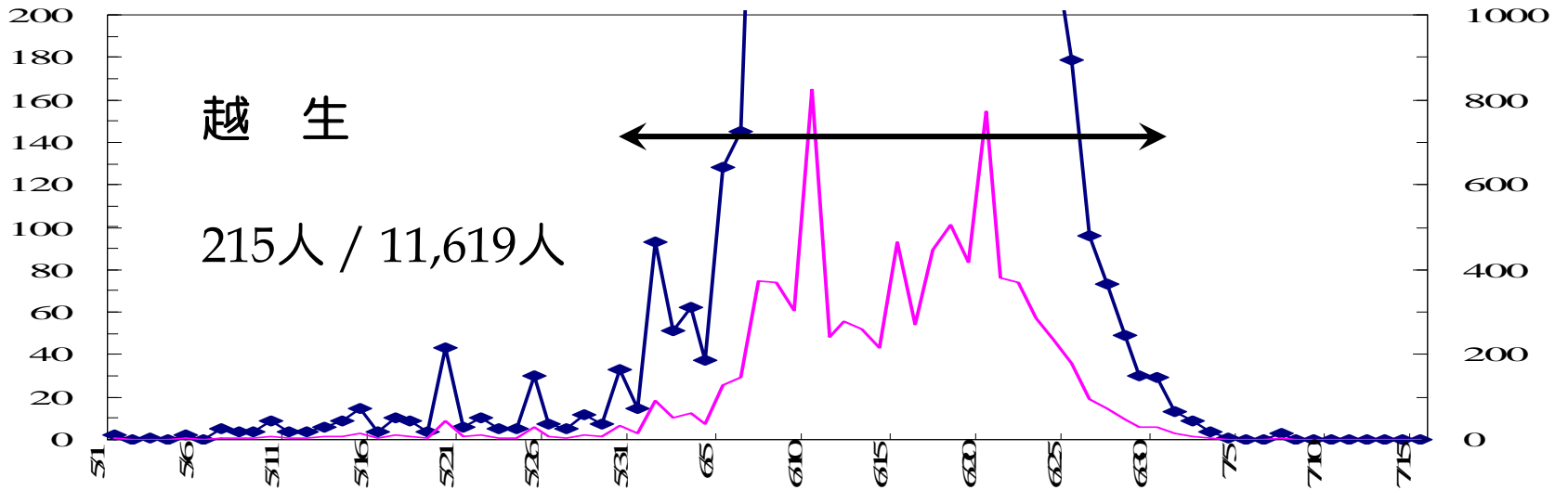
単回暴露



集団感染初期の患者発生と単回暴露から推測される患者発生



水系集団感染は原水に病原体が存在する状態で、浄水処理に問題が生じたか、施設に瑕疵がある場合に発生する。



集団感染に先行して見られるオーシストの汚染状況

Outbreak Cases	推定オーシスト数 (/L)				
	一日の飲水量	水道水中の濃度	浄水処理から逆算した原水中の濃度		
			1-log	2-log	3-log
Milwaukee, US	1,000 ml	0.02	0.2	2	20
	200ml	0.10	1.0	10	100
North Battleford, Canada	1,000 ml	0.01	0.1	1	10
	200ml	0.05	0.5	5	50
越生, Japan	1,000 ml	0.01	0.1	1	10
	20ml	0.4	4.0	40	400

Oocyst 監視システム

検 体 : 原水

検 体 量 : 200 ~ 1,000 mL
(粒子除去能力に応じて)

検出方法 : DNA Amplification (LAMP, PCR)
顕微鏡検査

検査頻度 : 1 ~ 2 週間に1回程度

警 告 内 容 : 浄水処理の強化
煮沸勧告
水源管理強化、水源交換

※ 急激な気温上昇（飲水量の増加）も集団感染の引き金になり得る

Cryptosporidium 集団感染

ウシ型 (*C. parvum* Genotype II)

– 1994年 平塚市 雑居ビルの水道

ヒト型 (*C. parvum* Genotype I)

– 1996年 越生町 町水道

– 2002年 北海道 原因不明
(兵庫県 高校生の修学旅行)

– 2004年 長野県 水泳プール

わが国で分離された遺伝子型 (散発例+集団感染例)

遺伝子型		n=46	%
<i>C. parvum</i>	ヒト型	29	63
	ウシ型	6	13
	混合感染	1	2
<i>C. meleagridis</i>		6	13
他		4	9

水系集団感染は原水に病原体が存在する状況で

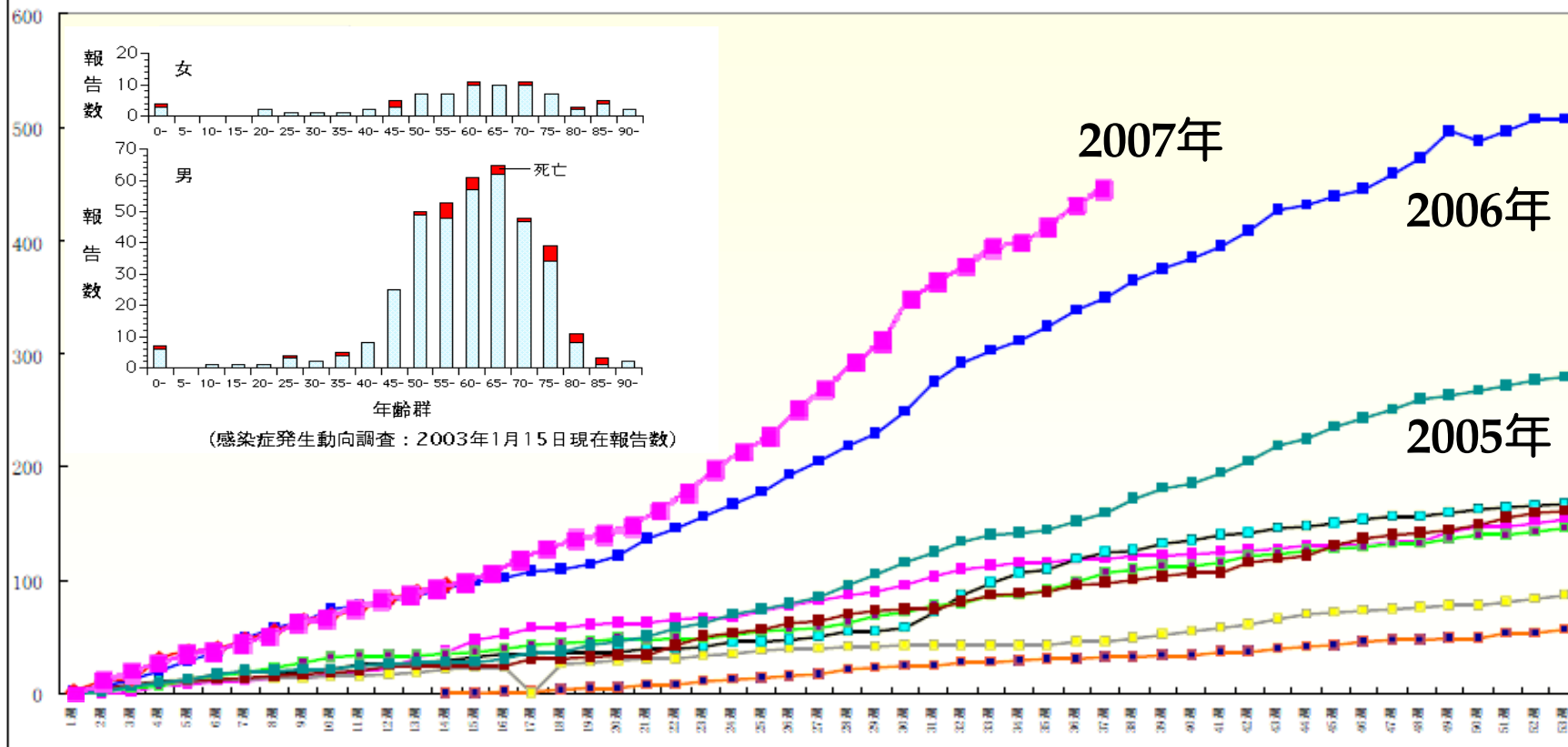
- 浄水処理に問題が生じた
- 施設に瑕疵があるときに発生

この定義にあてはまらない微生物汚染

Re-growth

1999年以降 年次別週別レジオネラ症患者発生届出件数

07年38週まで

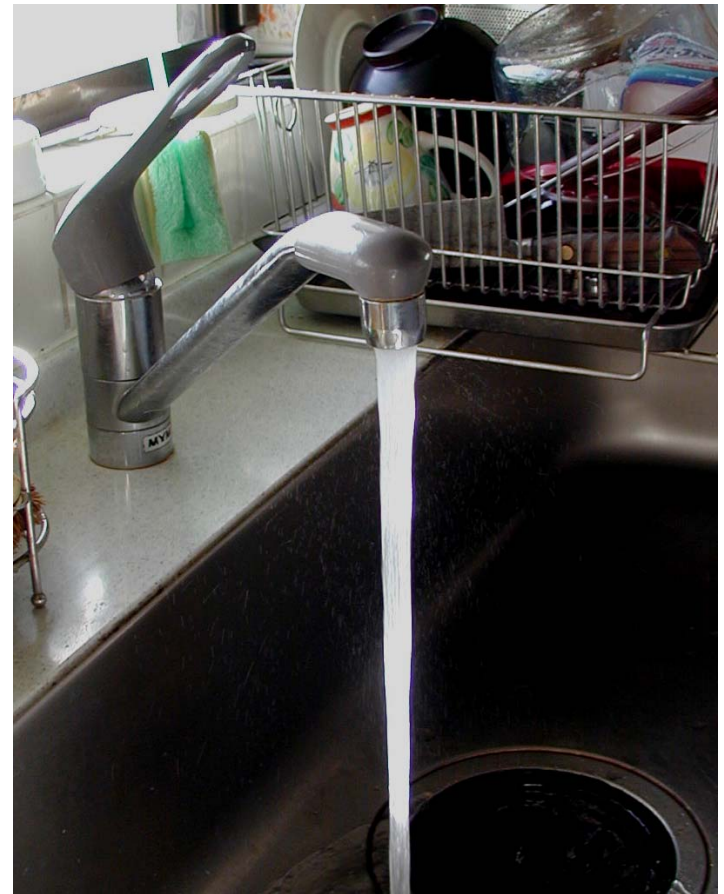


冷却塔（空調施設）



レジオネラの発生源

水道水は？

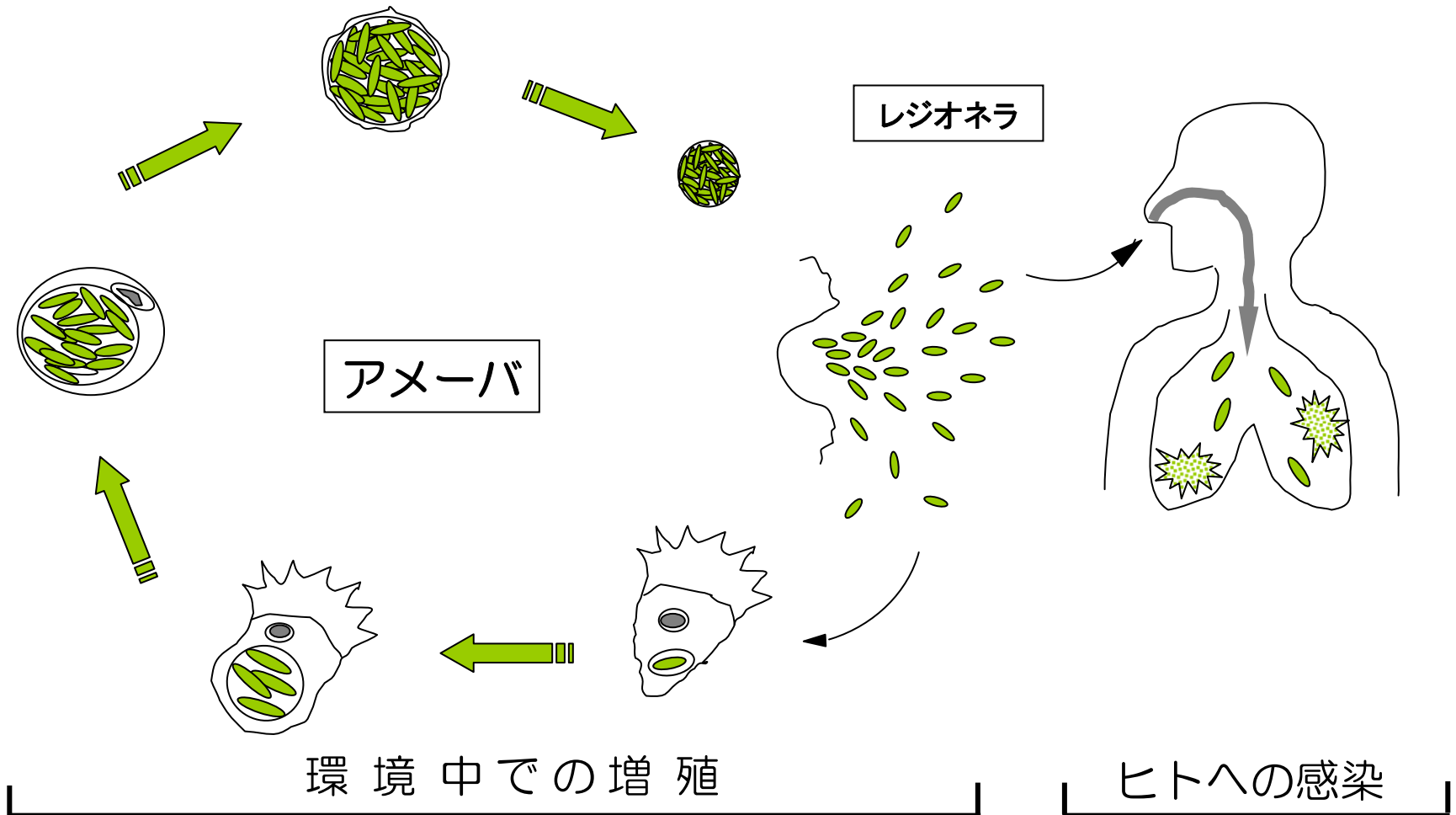


温泉等入浴施設



これまでに明らかになっている点 (1)

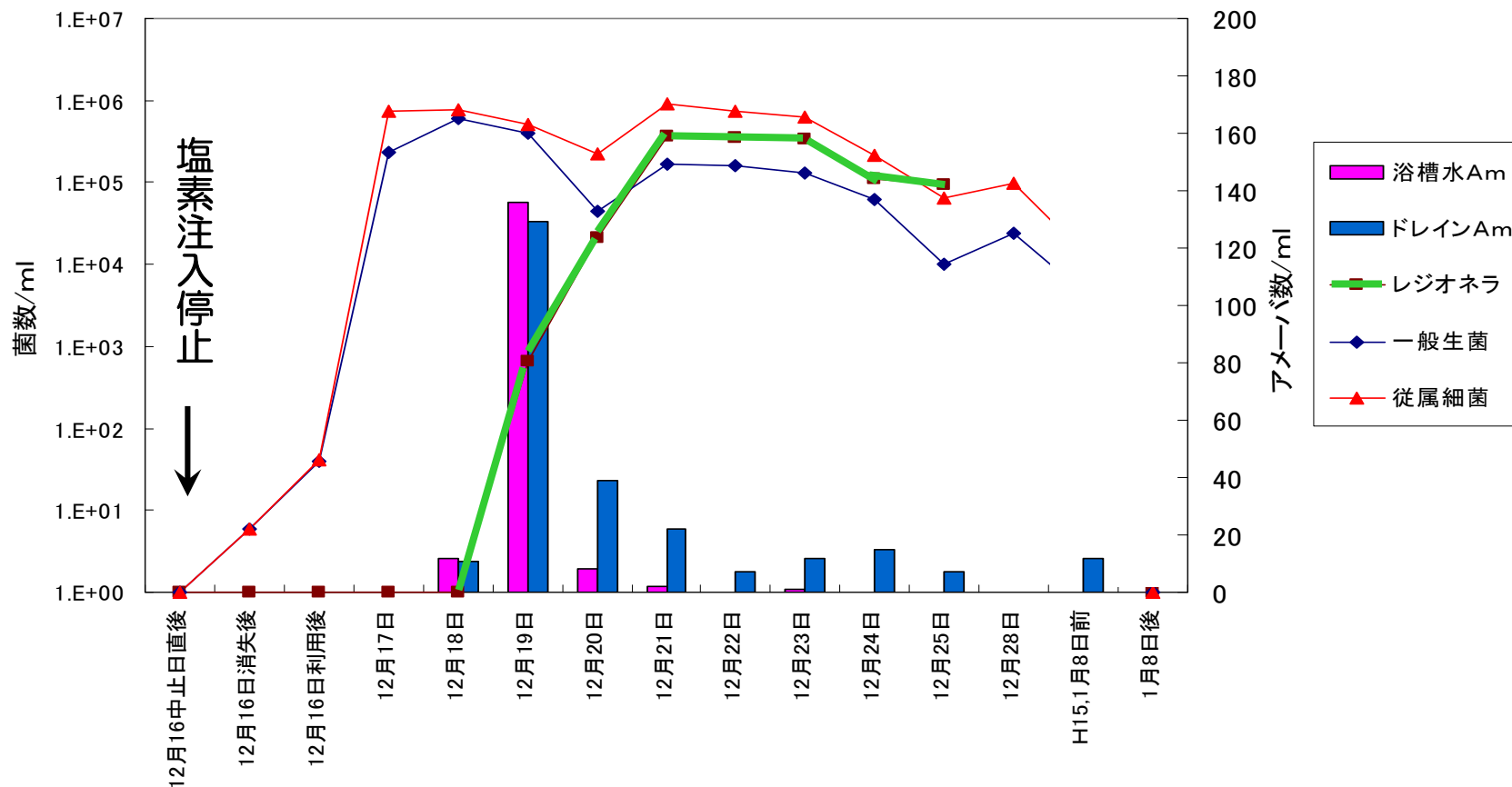
- *Legionella* は温水中のAmoeba等に 寄生・増殖

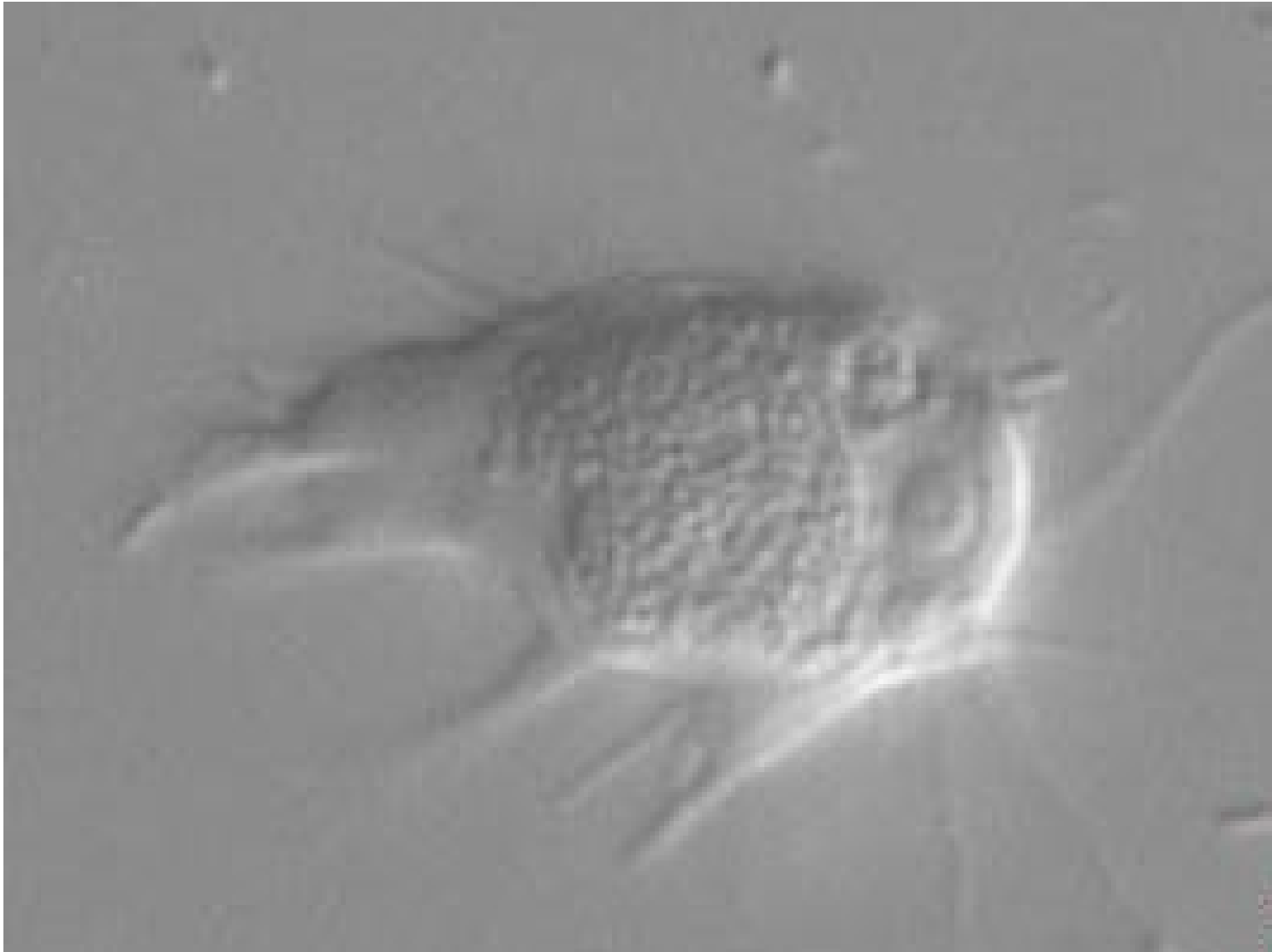


これまでに明らかになっている点 (2)

- レジオネラはバイオフィルムが発生源

浴槽中のアメーバならびに細菌数の経時変化





浴槽水の中のレジオネラ検出状況と 従属栄養細菌数

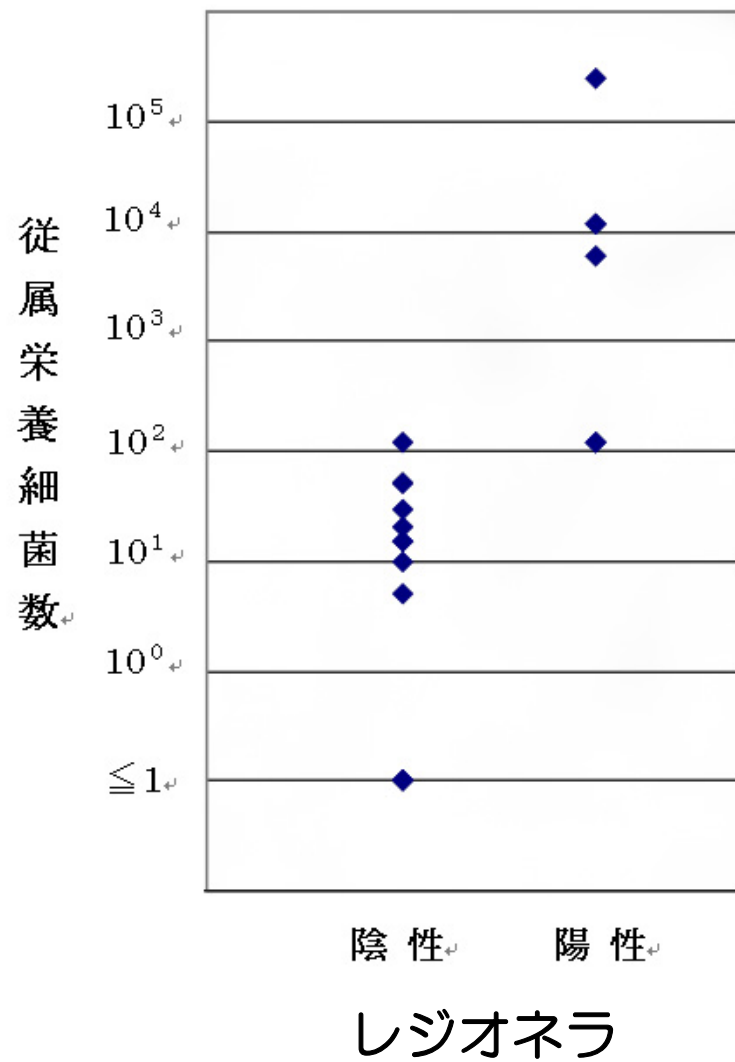
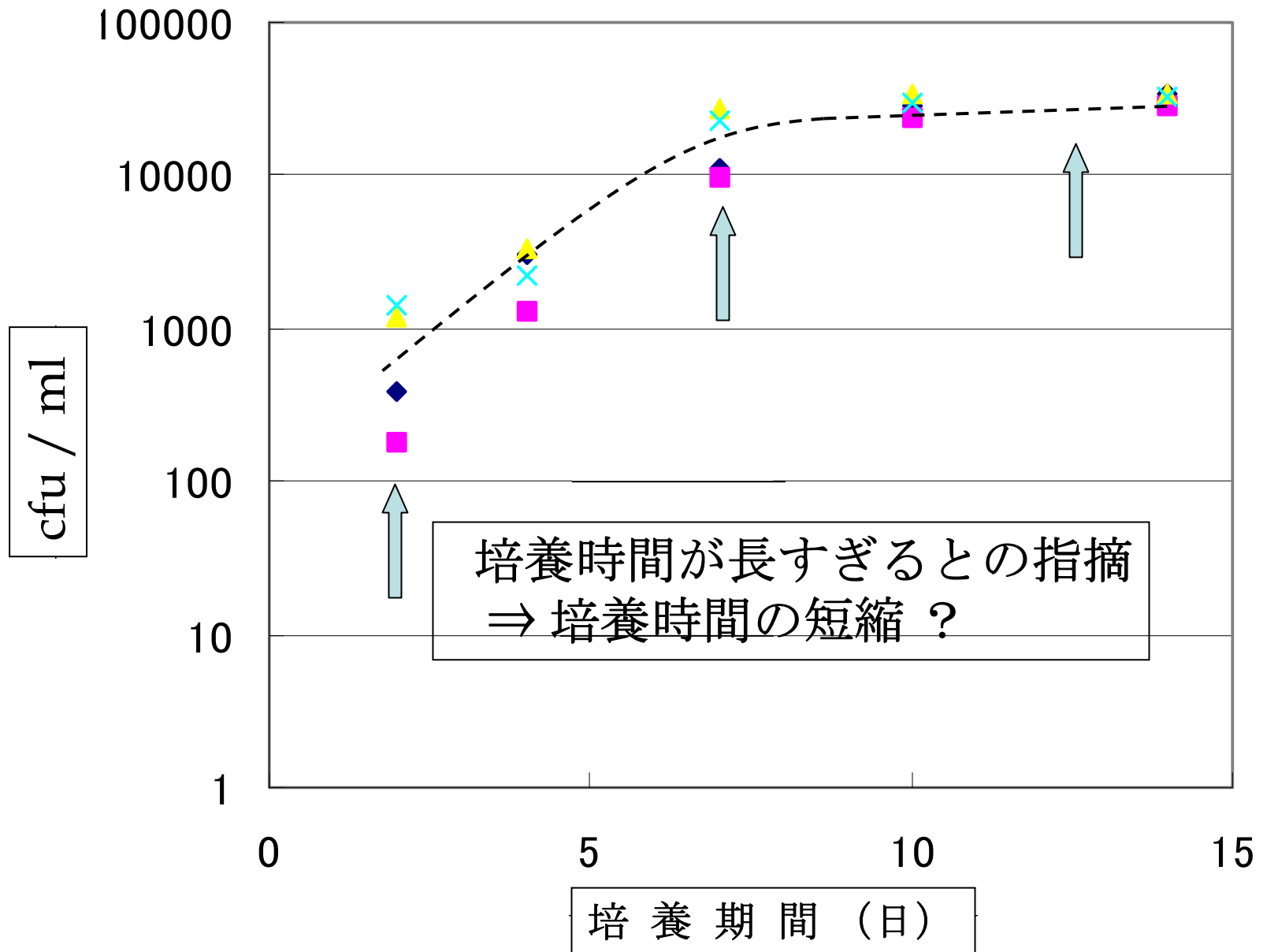


表 1 一般細菌数 100cfu/ml の従属栄養細菌への換算

試料区分	対象試料	相関式の係数		相関係数 r2	従属栄養細菌への換算	
		a	b		対数表記	実数表記 (cfu/ml)
全数	349	0.9518	1.302	0.7738	3.2	1605
塩素なし	99	0.8021	1.7494	0.7179	3.4	2257
塩素あり	19	1.1744	0.7711	0.6260	3.1	1318

一般細菌：従属栄養細菌 ≒ 1：20

従属栄養細菌数



水道水の微生物モニタリングに 求められるもの（まとめ）

浄水処理への feed back

- 原水の汚染状況の把握（Microbial Index）
- 定性から定量へ
- リアルタイム モニタリング

製品管理

- 生物／非生物指標（Process and／or Disinfection Indicator）