

クリプトスポリジウム対策の 国際比較

東京大学
大学院工学系研究科 都市工学専攻
片山浩之

1

リスク評価の必要性

- リスク評価の疫学的アプローチ
 - 19世紀のロンドンのコレラ禍
 - 交通事故の場合、リスク＝事故数/人口
 - 水道には適用できない
- 因果関係の難しさ
 - 水道由来<飲料水由来<経口感染<疾病総数
- 安全性の二つの基準
 - 水道由来の感染事例がない 消極的安全性
 - 水道は安全である 積極的安全性

2

介入型疫学調査研究

- 水道水に浄水器等を取り付ける
 - 効果を疫学調査により確かめる
 - 浄水器等により飲み水を供給された家庭と、
普通の水道水を供給された家庭における下痢症の発症率の違い
- 水道水を原因とする下痢症の頻度を推定

3

ケベックの調査 (Payment et al., 1991) (Payment et al., 1997)

第一回調査

- 1988年から18ヶ月、606家庭
- 水道水はすべての水質基準を満たしていた
- 年間に一人あたり0.76件の下痢症、浄水器等を取り付けた家庭では0.5件
- 下痢症の35%が水道水に原因

第二回調査

- 1993年から16ヶ月、1400家庭
- 瓶詰めされた浄水を届ける家庭と通常の家
- 比較
- 下痢症の14－40%が水道水に原因

疫学調査の落とし穴

- 被験者がどの程度の症状を下痢症と判断するか
- 被験者の持つ情報によって左右される
 - クリプトスポリジウムの水系感染が報道されたタイミングで行ったアンケートでは、被害を受けていない地域においても下痢症をうったえる人が多くなるという現象がみられている(Hunter et al., 2002)。
- ケベックの調査方法は不十分

Hunter, P R, and Q Syed. 2002. "A Community Survey of Self-Reported Gastroenteritis Undertaken during an Outbreak of Cryptosporidiosis Strongly Associated with Drinking Water after Much Press Interest." *Epidemiology and infection* 128(3): 433–38.

改善された調査

- 二重盲検法
 - ダミーの浄水器を取り付けて比較対象とする
- オーストラリアのメルボルン(Hellard et al., 2001)
- アメリカのアイオワ州(Colford et al., 2005)
- 浄水器を取り付けることによって下痢症が減ったとは言えない、という調査結果

Colford, John M Jr et al. 2005. "A Randomized, Controlled Trial of in-Home Drinking Water Intervention to Reduce Gastrointestinal Illness." *American journal of epidemiology* 161(5): 472–82.

Hellard, M E, M I Sinclair, A B Forbes, and C K Fairley. 2001. "A Randomized, Blinded, Controlled Trial Investigating the Gastrointestinal Health Effects of Drinking Water Quality." *Environmental health perspectives* 109(8): 773–78. 6

水道における感染リスクの前提

- これまでに判明した感染例は、小規模で高いアタックレート
 - 例外はミルウォーキーのクリプト(25%)
- 平常時の疫学調査(1000世帯、1年間程度の規模)では、水系感染を検出できない(有意差が得られない)
- 年間感染リスク 10^{-1} 程度以下であれば、水質で議論すべきであり、疫学的な議論は不可能

7

クリプトスポリジウムの感染リスク

- Dose Response Modelより
1個の摂取により0.4%から20%の感染率
(Risk Assessment of Cryptosporidium in Drinking Water, WHO 2009)

非加熱飲用1日1L、1個の摂取で1%の感染率を仮定

→年間感染リスク $10^{-4} \div 36500\text{L}$ 中に1個

8

閑話休題

Modelの外挿の不確実性

Risk Assessment of Cryptosporidium in
Drinking Water, WHO 2009, P 63

()

9

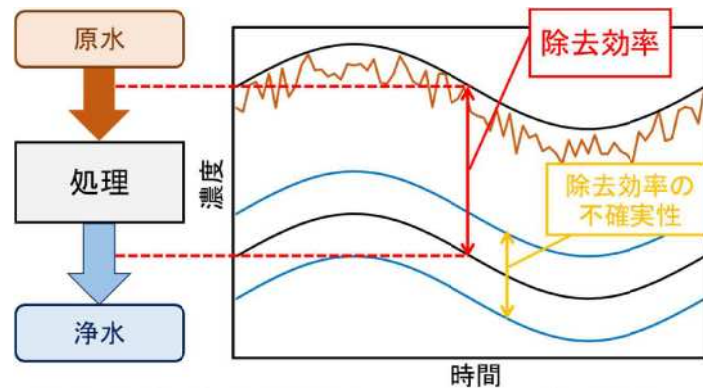
Water Safety Plan

- WHOによる推奨
- HACCP(危害分析重要管理点)の考え方に
基づく
 - 水質基準とは異なり、最終製品の品質チェック以
外の方法で品質を担保する
- クリプトスポリジウム対策として有効
 - 各国はそれぞれ取り入れている
 - アメリカの場合は直接的: ウイルスにも流用可能

10

除去効率をターゲットにする手法

除去効率の評価 + 原水のモニタリング



- 処理工程による除去効率が評価されていれば、原水のモニタリングにより浄水中の濃度が推定できる
- Water Safety Planの考え方にも適合

11

水道におけるクリプトスポリジウム等 対策指針(平成19年4月)

- 水道原水に係るクリプトスポリジウム等による汚染のおそれの判断 考え方は不変
 - － レベル1-4、地下水・地表水
 - － 大腸菌 (E.coli) 及び嫌気性芽胞菌
- ろ過池(ろ過膜)の出口の濁度:0.1 度以下
 - － 濁度管理について実現可能性が確立しており、そのまま継続
- 地表水でなければ、紫外線も可
 - － ただし、地下水の定義があいまい

12

カナダのパイロット研究

Huck M et al., Filter operation effects on pathogen passage. AWWAR; 2001

- http://www.waterrf.org/publicreportlibrary/rf_r90874_2001_490.pdf

13

England and Walesの事例

- 民営化水道 → 法的な歯止めが必要
 - 証拠としては不十分なため、感染を引き起こしている水道事業体を訴追できない事例があった
- The Water Supply Regulations 1999
 - リスクアセスメントを要求
 - 1000L中100個以下のクリプトスポリジウムを容認
 - 膜処理の導入を勧める
 - 小規模浄水場がつぶれた
- 現在はUVの使用も認めている

14

アメリカのクリプト対策

LT2ESWTR（2006）一処理レベルの基準

- 原水の病原微生物濃度を見積もる
- 処理によって達成可能な微生物除去率を示す施設基準を策定
- 処理水の病原微生物レベルを工学的に保証する
- 平常時は、処理が機能しているかを調べる
⇔ 微生物のモニタリングは不要

[Environmental Protection Agency 40 CFR Parts 9, 141, and 142](#)
[National Primary Drinking Water Regulations:](#)
[Long Term 2 Enhanced Surface Water Treatment Rule; Final Rule](#)

15

処理プロセスの必要要件

クラス分け	Average Crypto Conc. In raw water (oocysts /L)	高度処理の必要性
Bin 1	<0.075	No additional treatment
Bin 2	0.075- 1.0	1.5 Log
Bin 3	1.0 - 30	2.5 Log
Bin 4	> 30	3 Log

従来処理で3.0Logの処理を見込む(Log Credit)

16

オランダの水質基準

- 感染確率が年間 10^{-4} 以下であること
- 浄水場ごとに定量的微生物リスク評価をすることを義務付ける
 - 単位処理ごとに微生物(ウイルス、細菌、原虫)の除去率を区間推定として与える
 - 原水の微生物レベルから、浄水の微生物濃度をモンテカルロ法によって算出
 - リスクレベルを計算し、 10^{-4} 以下であることを確認
 - 超過している場合は、追加の処理を加える

17

除去率の推定値

- 文献等から重みづけをして推定
(実処理>パイロット>室内)

http://www.microrisk.com/publish/cat_index_6.shtml

18

考察

- 濁度管理の有効性はあるそうだが、定量的な議論が必要
 - 濁度0.1度以下にすることは、どれだけのLog Creditに相当するか
- 処理における水のショートカットや、時間的な変動を考慮している
 - そのため、常識的な値よりも除去率が低い
 - 塩素に関しても、ショートカットや濁質により保護される可能性などを考慮している